السادس العلمي
الأحيائي

المثالي في الفيزياء





الجزء الاول

الأستاذ
حسن عبد الكاظم الربيعي
07701346093
اعدادية الكاظمية للبنين



المركز التسويقي
ملازم دار المغرب
07702729223

2019

الأستاذ

حسن عبد الكاظم الربيعي

07701346093



WWW.iQ-RES.COM



2019

الاحيائي

اعدادية الكاظمية للبنين


المركز التسويقي
07702729223





المثالي في الفيزياء

حسن عبد الكاظم الربيعي

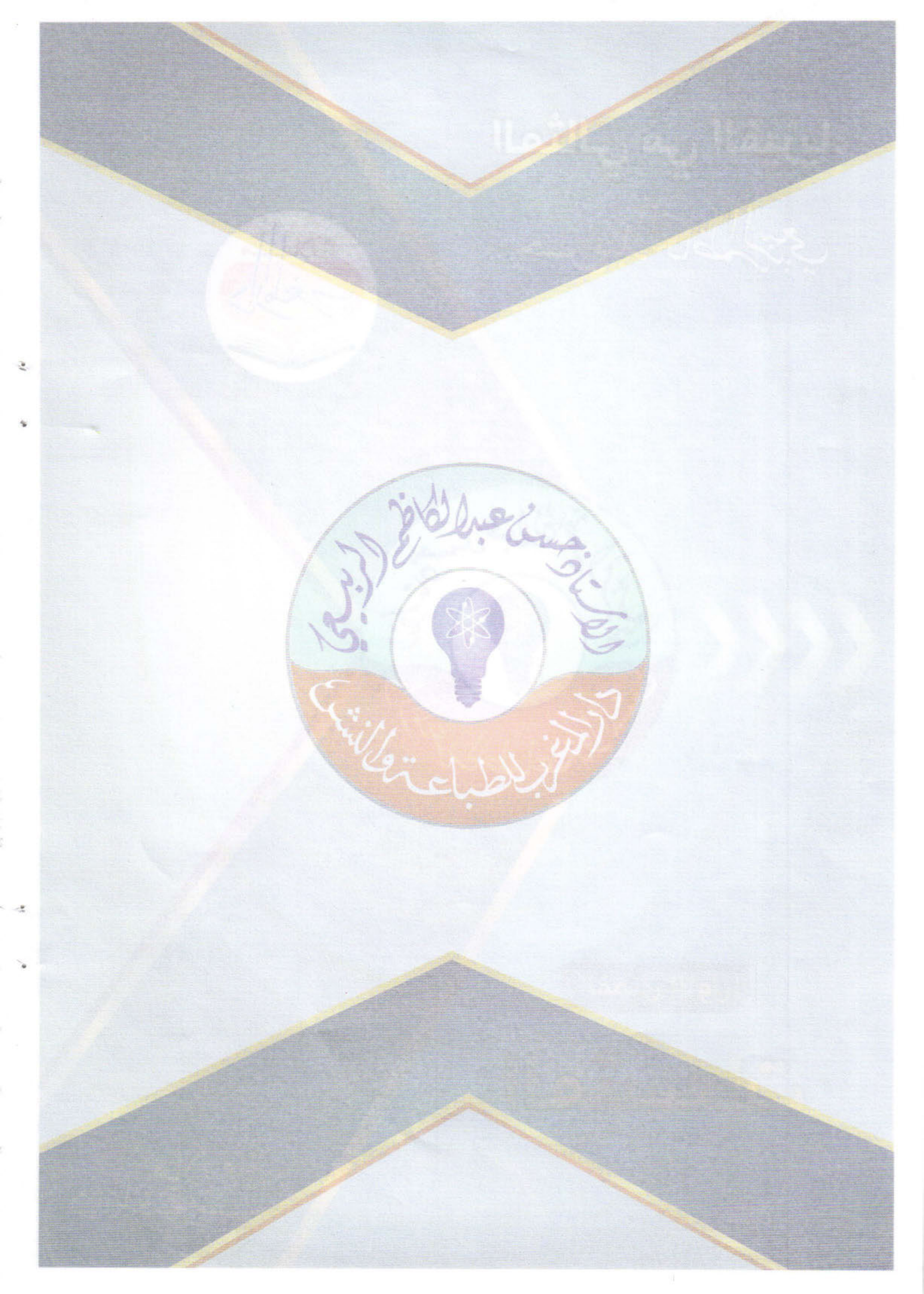




الفصل الاول

المتسعات

ملازم
دار المغرب


الفنان حسن عبد الكاظم الربيعي
للطباعة والنشر

الفصل الأول

المتسعات

علل نادراً مـا يُستعمل الموصل الكروي المنفرد المعزول في تخزين الشحنات الكهربائية ؟

الجواب لأنه يخزن كمية محددة من الشحنة ولفترة زمنية قصيرة نتيجة لحصول التفريغ الكهربـائي بينه وبين الأجســـام الأخرى عند الإستمرار في إضافة الشحنات الكهربائية له ولا يُمكن التّحكم في مقدار سعة الموصل المنفرد .

سؤال هل يمكن الإستمرار في إضـافة الشحنة على موصل كروي منفرد مشحون ومعزول ؟ ولماذا ؟

الجواب كلا لا يمكن . لأن الإستمرار في إضـــافة الشحنات لهذا الموصل ستؤدي الى زيادة الجهد الكهربائي للموصل وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي فيزداد المجال الكهربائي ممـا يؤدي الى حصول تفريغ كهربائي خلال الهواء المحيط به .

يُمكن حساب جهد الموصل الكروي المنفرد المشحون المعزول على بعد (r) عن مركز الشحنة وفقاً للعلاقة التالية :

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_\circ} \times \frac{Q}{r}$$

وبما أن ثابت التناسب (k) في قانون كولوم يساوي :

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_\circ} = 9 \times 10^9 \ N.m^2/(coulomb)^2$$

إذن وبالتعويض فإن العلاقة أعلاه ستصبح بالشكل التالي :

$$V = k \times \frac{Q}{r}$$

حيث أن : (ε_o) : سماحية الفراغ وقيمته تساوي : $\varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \ C^2/N.m^2$

سؤال هل يَمكن صنع جهاز يستعمل لتخزين مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتختزين فيه الطاقة الكهربائية ؟

الجواب نعم يمكن ، وذلك بإستعمـال نظام يتألف من موصلين (بأي شكلين كانا) معزولين يفصل بينهما عازل (أما الفراغ أو الهواء أو أي مادة عازلة كهربائياً) فيكون بمقدوره إختزان شحنات موجبة على أحد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر وهذا مـا يُسمى بـ ((المتُسعة)) .

سؤال عرّف المتسعة ؟ وما هي أنواعها ؟

الجواب

المتسعة : جهاز يُستعمل لتخزين الشحنات الكهربائية والطاقة الكهربائية ، يتكون من زوج (أو أكثر) من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل .

أنواعها توجد المتسعات بأشكال هندسية مختلفة منها :

1. المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين .
2. المتسعة ذات الإسطوانتين المتمركزتين .
3. المتسعة ذات الكرتين المتمركزتين .

تنويه

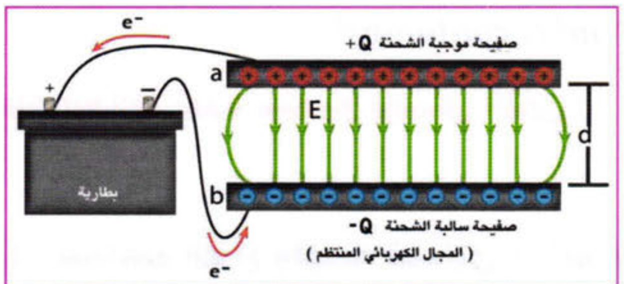
سنتناول في دراستنا لهذا الفصل ، المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين فقط

المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

سؤال ممّ تتألف المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟

الجواب تتألف من صفيحتين موصلتين مستويتين معزولتين ومتوازيتين ومساحة كل منهما (A) مفصولتين عن بعضهما بالبعد (d) ومشحونتين بشحنتين متساويتين مِقداراً ومُختلفتين نوعاً .

ويُظهر الشكل التالي خطوط المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المستويتين المتوازيتين ، ويُعد مجالاً منتظماً إذا كان البعد (d) بين الصفيحتين صغيراً جداً بالمقارنة مع أبعاد الصفيحة الواحدة :



يُرمز للمتسعة الثابتة في الدوائر الكهربائية بالرمز : ⊣⊢ أو ⊣(

علل يكون المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة مجالاً مُنتظماً ؟

الجواب لأن البعد (d) بين الصفيحتين صغير جداً مُقارنةً مع أبعاد الصفيحة الواحدة ، لذلك يُهمل عدم إنتظام المجال الكهربائي عند الحافات .

سؤال كيف يتم شحن المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟

الجواب يتم شحنها بربط إحدى الصفيحتين المتوازيتين الى القطب الموجب لبطارية فتظهر عليها شحنة موجبة (Q +) والصفيحة الأخرى تُربط الى القطب السالب للبطارية فتظهر عليهـا شحنة سـالبة (Q -) ، والشحنتين لهمـا نفس المقدار وتقعـان على السطحين المتّقابلين للصفيحتين بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات .

علل يكون صافي الشحنة على صفيحتي مُتسعة مشحونة يساوي صفراً ؟

الجواب لأن الصّفيحتين تحملان شحنتين مُتسـاويتين مقداراً ومُختلفتين نوعـاً .



سعة المتّسعة : هي نسبة الشحنة المُختزنة في أي من صفيحتي المتسعة إلى مقدار فرق الجهد بين الصفيحتين .

ويُمكن حساب سعة المتّسعة بتطبيق العلاقة التالية :

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

حيث أن : C : سعة المتسعة ((تقاس بوحدة Farad ويُرمز لها F))
Q : الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة ((تقاس بوحدة Coulomb))
ΔV : فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ((تقاس بوحدة Volt))

علماً أن : $1\ Farad = 1\ F = 1\ Columb / Volt$

وحدة (*Farad*) كبيرة جداً في معظم التطبيقات العملية ، فتكون الوحدات الأكثر ملائمة عملياً هي أجـزاء الـ *Farad* ، وهي :

- mF : تقرأ ملي فـاراد . $1\,mF = 10^{-3}\,F$
- μF : تقرأ مايكروفاراد . $1\,\mu F = 10^{-6}\,F$
- nF : تقرأ نانوفـاراد . $1\,nF = 10^{-9}\,F$
- pF : تقرأ بيكوفـاراد . $1\,pF = 10^{-12}\,F$

سؤال لماذا تكون جميع نقاط الصفيحة الواحدة من صفائح المتسعة بجهدٍ متسـاوٍ ؟

الجواب وذلك لأن صفيحتي المتسعة مصنوعتـان من مـادة موصلة ومعزولتان .



العازل الكهربائي

سؤال ما المقصود بالمواد العازلة كهربائياً ؟ وما هي أنواعها ؟

الجواب

المواد العازلة كهربائياً : هي مواد غير موصلة كهربائياً في الظروف الإعتيادية وتعمل على تغيير مقدار المجال الكهربائي الموضوعة فيه .

من أمثلتها : الورق المُشمّع ، اللدائن (البلاستك) والزجاج .

تُصنف المواد العازلة كهربائياً إلى نوعين :

1. **العوازل القطبية** : مثل الماء النقي ، إذ تمتلك جزيئاته عزوماً كهربائية ثنائية القطبية دائمية ويكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة ثابتاً .
2. **العوازل غير القطبية** : مثل الزجاج والبولثلين ، ويكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة غير ثابتاً .

2014 الدور الأول للنازحين

سؤال في أي نوع من أنواع العوازل الكهربائية تظهر شحنات سطحية على وجهيها ؟ ذاكراً العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المتولد من هذه الشحنات ؟

الجواب العوازل الغير قطبية هي التي تظهر شحنات سطحية على وجهيها .

والعلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المتولد هي : $\vec{E}_k = \vec{E} + \vec{E}_d$

حيث أن : $\vec{E}_k$: المجال المحصل ، $\vec{E}$: المجال المؤثر ، $\vec{E}_d$: المجال داخل العازل .

2015 الدور الثالث

سؤال ما تأثير المجال الكهربائي المنتظم في المواد العازلة غير القطبية الموضوعة بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

الجواب يعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة ، وهذا يعني أنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوماً كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء الى دايبول كهربائي يصطف بإتجاه المجال الكهربائي ويصبح العازل مستقطباً .

سؤال ماذا يحصل عند إدخال عازل قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

الجواب المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة سيؤثر في هذه الدايبولات ويجعل مُعظمها يصطف بموازاة المجال ، ونتيجة لذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل إتجاهه مُعاكس لإتجاه المجال الخارجي وأقل منه مقداراً ، وبالنتيجة يقل مقدار المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

سؤال ماذا يحصل عند إدخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

الجواب المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة سيعمل على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة ، وهذا يعني أنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوماً كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي ، وبهذا يتحول إلى دايبول كهربائي يصطف بإتجاه المجال الكهربائي المؤثر .

في كِلا نوعي العازل يُعطى متجه المجال الكهربائي المُحصل بين صفيحتي متسعة تحتوي على عازل بالعلاقة التالية :

$$\overrightarrow{E_k} = \overrightarrow{E} - \overrightarrow{E_d}$$

ويكون إتجاه المجال المُحصل باتجاه المجال الأصلي .

حيث أن :

E_k : المجال الكهربائي المحصل بوجود العازل .

E : المجال الكهربائي المؤثر بين الصفيحتين عندما يكون العازل بينهما (الهواء أو الفراغ) .

E_d : المجال الكهربائي داخل العازل .

و يُمكن أيضاً حساب المجال الكهربائي المُحصل وفقاً للعلاقة التالية :

$$E_k = \frac{E}{k}$$

أي أن المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة بوجود العازل يقل الى $\frac{1}{k}$

حيث أن : k : ثابت العزل ، وهو عدد مُجرد من الوحدات .

وبما أن العلاقة طردية بين المجال الكهربائي وفرق الجهد بين الصفيحتين بثبوت البعد إستناداً الى العلاقة ($\Delta V = E\,d$) فإن فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بوجود العازل سيقل أيضاً الى $\frac{1}{k}$ في حالة تكون فيها المتسعة مفصولة عن البطارية .

قوة العزل الكهربائي : هي أقصى مقدار لمجال كهربائي يمكن أن تتحمله المادة قبل حصول الإنهيار الكهربائي لها ، وتُعد قوة العزل لمادة بأنهـــا مقياس لقابليتها في الصمود أمـــام فرق الجهد الكهربائي المُسلط عليهـــا .

ثابت العزل الكهربائي (k) : هو النسبـــة بين سعة المتسعة بوجـــود العـــازل الى سعة المتسعة بوجود الفراغ أو الهواء ، وهو صفة مميزة للوسط العازل .

2014 الدور الثالث

سؤال مـــاذا يحصل ؟ ولمـــاذا ؟ عند تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة أو تعرضهـــا لتأثير حراري كبير ؟

الجواب إن تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة أو تعرضهـــا لتأثير حراري كبير يؤدي إلى الإنهيار الكهربائي للعازل وذلك نتيجةً لعبور الشرارة الكهربائية خلاله .

2015 الدور الثالث

سؤال مـــاذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها ؟ ولماذا ؟

الجواب يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخـــال مادة عازلة بين صفيحتيها بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) يُعـــاكس بالإتجـــاه المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (E) فيكون المجال المحصل : ($E_k = E - E_d$) فيقل بنسبة ثابت العزل للمادة ، أي : $E_k = \frac{E}{k}$.

سؤال ما الفرق بين عازل جزيئاته قطبية وآخر جزيئاته ليست قطبية ؟

الجواب

ت	عازل جزيئاته قطبية	عازل جزيئاته ليست قطبية
1	له عزم ثنائي قطبي دائم .	له عزم ثنائي قطبي مؤقت .
2	التباعد ثابت بين شحناته الموجبة والسالبة .	لا يوجد تباعد ثابت بين شحناته الموجبة والسالبة .
3	يصطف بموازاة خطوط المجال المؤثر ويحافظ على اتجاهه بعد زوال المجال الخارجي .	يصبح له عزم ثنائي قطبي وهو داخل المجال ويزول هذا العزم بعد زوال المجال الخارجي .



قوانين مهمة في حل المسائل

إذا كانت متسعة واحدة يفصل بين صفيحتيها الهواء (الفراغ)



$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$C = \frac{\varepsilon_\circ A}{d}$$

تستخدم هذه العلاقة لحساب سعة المتسعة أو المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين أو البعد بين الصفيحتين

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

تستخدم هذه العلاقة لحساب المجال الكهربائي أو فرق الجهد أو البعد بين الصفيحتين

إذا كانت متسعة واحدة يفصل بين صفيحتيها مادة عازلة



$$C_k = \frac{Q_k}{\Delta V}$$

$$C_k = k\frac{\varepsilon_\circ A}{d}$$

$$C_k = k \, . \, C$$

تستخدم لحساب سعة المتسعة بوجود (بعد إدخال) العازل وحسب معطيات السؤال

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

تستخدم إذا كانت المتسعة مفصولة عن المصدر (البطارية)

$$E_k = \frac{E}{k}$$

تستخدم إذا كانت المتسعة مفصولة عن المصدر (البطارية)

حيث أن : ΔV_k : فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بوجود العازل

ΔV : فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة في حالة الفراغ أو الهواء هو العازل بين الصفيحتين

C_k : سعة المتسعة بوجود العازل

A : المساحة السطحية المتقابلة لكل من صفيحتي المتسعة

d : البُعد بين صفيحتي المتسعة

ملاحظات مهمة

1 عند إدخال مادة عازلة بتن صفيحتي متسعة (متصلة بالمصدر) فإن :

- سعة المتسعة تزداد .
- الشحنة المختزنة تزداد .
- فرق الجهد يبقى ثابتاً (أي أن : $\Delta V_k = \Delta V$) .

2 عند إدخال مادة عازلة بتن صفيحتي متسعة (مفصولة عن المصدر) فإن :

- سعة المتسعة تزداد .
- الشحنة تبقى ثابتة (أي أن : $Q_k = Q$) .
- فرق الجهد يقل .

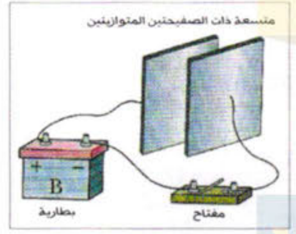
نشاط 1.

2013 الدور الثالث 2016 الدور الثالث

إشرح نشاطاً يبين تأثير إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما (تجربة فرداي) ، وما تأثيره في سعة المتسعة ؟

أدوات النشاط

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (العازل بينهما هواء) غير مشحونة ، بطارية فولطيتها مناسبة ، جهاز فولطميتر ، أسلاك توصيل ، لوح من مادة عازلة كهربائياً (ثابت عزلها k)



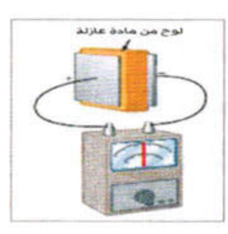
خطوات النشاط

1 نربط أحد قطبي البطـــارية بإحدى الصفيحتين ، ثم نربط القطب الآخر بالصفيحة الثانية ، ستنشحن إحدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة $(+Q)$ والأخرى بالشحنة السالبة $(-Q)$.



2 نفصل البطارية عن الصفيحتين .

3 نربط الطرف الموجب للفولطميتر بالصفيحة الموجبة ونربط طرفه السالب بالصفيحة السـالبة ، نلاحظ إنحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة وهذا يعني تولد فرق جهد كهربـــــائي (ΔV) بين صفيحتي المتسعة المشحونة في الحالة التي يكون فيها الهواء هو العازل بينهما .



4 تُدخل اللوح العـــازل بين صفيحتي المتسعة المشحونة ، نُلاحظ حصول نقصان في قراءة الفولطميتر (ΔV) .

الإستنتاج

1 إدخال مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتسبب في إنقاص فرق الجهد بينهما بنسبة مقدارها ثابت العزل (k) ، لأن : $\Delta V_k = \Delta V / k$

2 تزداد سعة المتسعة وفقاً للمعادلة : $C = Q / \Delta V$ بسبب نقصان فرق الجهد (ΔV) بثبوت الشحنة (Q) .

3 تزداد سعة المتسعة بعد إدخال العازل الكهربائي وفقاً للمعادلة : $C_k = k\,C$ ، حيث تزداد بنسبة (k) .



سؤال ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ؟ أكتب علاقة رياضية توضح ذلك .

الجواب

1 المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين ، وتتناسب معها طرديا ($C \propto A$) .

2 البعد (d) بين الصفيحتين ، وتتناسب معه عكسياً ($C \propto \frac{1}{d}$)

3 نوع الوسط العازل بين الصفيحتين . وفقاً للعلاقة الآتية : $C = \frac{\varepsilon_\circ \, A}{d}$

سؤال وضّح عمليا كيف تتغير مقدار سعة المتسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين عند تغير المساحة السطحية (A) المتقابلة للصفيحتين ؟





1 نربط طرفي الفولطميتر بين صفيحتي متسعة مشحونة بشحنة مقدارها (Q) مفصولة عن مصدر الفولطية .

2 عندما تكون المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة تساوي (A) تكون قراءة الفولطميتر عند تدريجة معينة فيكون فرق الجهد بين الصفيحتين يساوي (ΔV) .



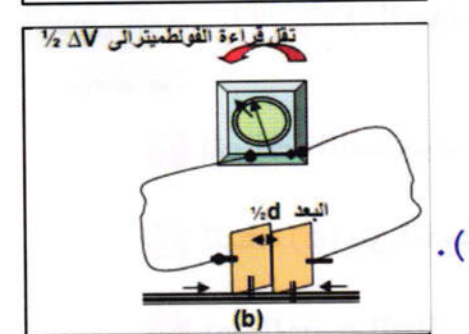
قراءة الفولطميتر تزداد إلى 2ΔV

3 عند تقليل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين الى نصف ما كانت عليه (أي عندما تكون $\frac{1}{2}A$) وذلك بإزاحة إحدى الصفيحتين جانباً (مع بقاء مقدار الشحنة ثابتاً) نلاحظ إزدياد قراءة الفولطميتر الى ضعف ما كانت عليه (أي تصبح $2\,\Delta V$) مما يؤدي الى نقصان سعة المتسعة .

الإستنتاج

- السعة (C) تقل بزيادة فرق الجهد (ΔV) مع ثبوت الشحنة (Q) ، وفقاً للعلاقة : $(C = \frac{Q}{\Delta V})$.
- السعة (C) تتناسب طردياً مع المساحة (A) السطحية المتقابلة للصفيحتين (وبالعكس) ، أي أن : $(C \propto A)$

سؤال وضح عملياً كيف تتغير مقدار سعة المتسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين عند تغير البعد (d) بين الصفيحتين المتوازيتين ؟



الجواب

1. نربط طرفي الفولطميتر بين صفيحتي متسعة مشحونة بشحنة مقدارها (Q) مفصولة عن مصدر الفولطية .
2. عندما يكون البعد الإبتدائي بين صفيحتي المتسعة هو (d) ، تشير قراءة الفولطميتر الى مقدار معين لفرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين المشحونتين بشحنة معينة (Q) .
3. عند تقريب الصفيحتين من بعضهما الى البعد $(\frac{1}{2}d)$ (أي نصف ما كان عليه) (مع بقاء مقدار الشحنة ثابتاً) ، نلاحظ أن قراءة الفولطميتر تقل الى نصف ما كانت عليه (أي $\frac{1}{2}\Delta V$) .

الإستنتاج

- السعة (C) تزداد عن نقصان فرق الجهد (ΔV) مع ثبوت الشحنة (Q) ، وفقاً للعلاقة : $(C = \frac{Q}{\Delta V})$.
- السعة (C) تتناسب عكسياً مع البعد بين الصفيحتين (d) (وبالعكس) ، أي أن : $(C \propto \frac{1}{d})$

سؤال شَحنت متسعة ثم فَصلت عن المصدر ، ما الذي يحصل لقراءة الفولطميتر المربوط الى طرفيها إذا أصبح البعد بين صفيحتيها نصف ما كانت عليه ؟

الجواب تقل قراءة الفولطميتر الى النصف بسبب تضاعف سعة المتسعة (سعة المتسعة تتناسب عكسياً مع البعد بين صفيحتيها) ، وإن فرق الجهد يتناسب عكسياً مع السعة بثبوت الشحنة .

سؤال شَحنت متسعة ثم فَصلت عن المصدر ، ما الذي يحدث لقراءة الفولطميتر المربوط الى طرفيها إذا أصبحت المساحة المتقابلة لصفيحتيها نصف ما كانت عليه ؟

الجواب تتضاعف قراءة الفولطميتر بسبب تضاعف فرق الجهد بين الصفيحتين لأن السعة تصبح نصف ما كانت عليه (سعة المتسعة تتناسب طردياً مع المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين المتوازيتين) وإن فرق الجهد يتناسب عكسياً مع السعة بثبوت الشحنة .

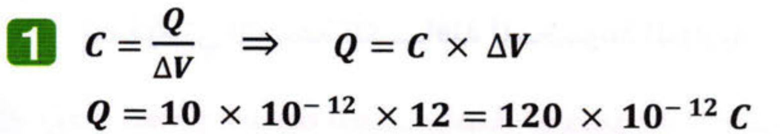


سؤال متسعة بين صفيحتيهـــا الهواء شَحنت بوساطة مصدر ثم فَصلت عنه ، وضّح ماذا يحصل لكل من سعتهـا وشحنتهـا وفرق الجهد بين صفيحتيها إذا أبدل الهواء بين صفيحتيها بعازل آخر ؟

الجواب

- السعة تزداد لأن $C_k = k\,C$
- الشحنة تبقى ثابتة لأن المتسعة مفصولة عن المصدر الشاحن .
- فرق الجهد يقل لأن فرق الجهد يتناسب عكسياً مع السعة عند ثبوت مقدار الشحنة $\Delta V \propto \frac{1}{C}$


مثال 1


2016 التمهيدي

مَتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($10\,pF$) شَحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيهـا ($12\,V$) ، فإذا فَصلت المتسعة عن البطارية ثم أدخل بين صفيحتيها لوح من مـادة عازلة كهربائياً ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما . ما مقدار :

1. الشحنة المُختزنة في أي من صفيحتي المتسعة . 2. سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي .
3. فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل .

الحل

1. $C = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow Q = C \times \Delta V$

$Q = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-12}\,C$

2. $C_k = k\,C = 6 \times 10 \times 10^{-12}\,F = 60 \times 10^{-12}\,F$

3. $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{12}{6} = 2\,V$

مثال 2

2013 التمهيدي

مَتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، البعد بين صفيحتيها ($0.5\,cm$) وكل من صفيحتيهـا مُربعة الشكل طول ضلع كل منها ($10\,cm$) ويفصل بينهما الفراغ ،
(علماً أن سماحية الفراغ $\varepsilon_\circ = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N}.m^2$) ، ما مقدار :

1. سعة المُتسعة . 2. الشحنة المُختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد ($10\,V$) بينهما .

1. بما أن كل من صفيحتي المتسعة مربعة الشكل ، فتكون المساحة (A) :

$10\,cm = \frac{10}{100} = \frac{1}{10} = 0.1\,m$

$A = (0.1)^2 = 1 \times 10^{-2}\,m^2$

والبُعد بين الصفيحتين :

$d = 0.5\,cm = \frac{0.5}{100} = 5 \times 10^{-3}\,m$

$C = \frac{\varepsilon_\circ A}{d} 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{1 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3}}$

$= 1.77 \times 10^{-11}\,F = 17.7\,pF$

2. $Q = C\,\Delta V = 17.7 \times 10^{-12} \times 10$

$= 177 \times 10^{-12}\,C$



يقول صديقك إن المتسعة المشحونة تختزن شحنة مقدارها يساوي كذا ، وإنك تقول إن المتسعة المشحونة تكون شحنتها الكلية تساوي صفراً ، ومدرسك يقول إن كلا القولين صحيح ! وضّح كيف يكون ذلك ؟

الجواب إن المتسعة المشحونة تختزن شحنة موجبة (+Q) في إحدى صفيحتيها وتختزن شحنة سالبة (−Q) في الصفيحة الأخرى وبالمقدار نفسه . فيكون صافي الشحنة (الشحنة الكلية Q_T) المختزنة في المتسعة يساوي صفراً ، لأن : $Q_{total} = +Q + (-Q) = 0$



ربط المتسعات على التوازي

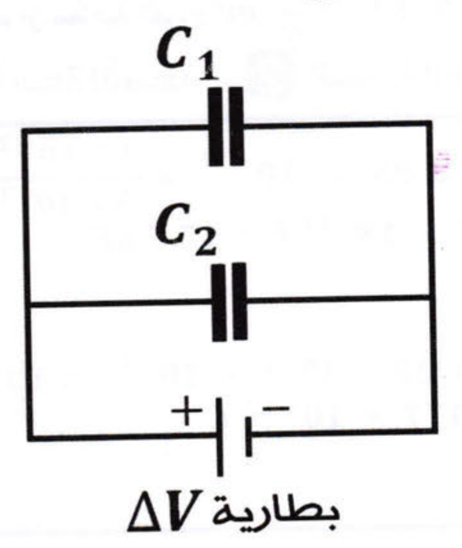
سؤال ما الغرض (الفائدة العملية) من ربط المتسعات على التوازي ؟

الجواب وذلك لزيادة السعة المكافئة للمجموعة ، فتزداد بذلك المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية .

سؤال يزداد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي ، فسّر ذلك ؟

الجواب إن ربط المتسعات على التوازي يعني زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة ، فيزداد بذلك مقدار سعة المتسعة المكافئة ويكون أكبر من أكبر سعة في المجموعة على فرض ثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل .

يتم ربط عدد من المتسعات (على التوازي) كما في الشكل :







خواص ربط المتسعات على التوازي



عند ربط مجموعة من المتسعات على التوازي ، فإن :

1 فرق الجهد

فرق الجهد (ΔV) يكون متســـاوي لكل المتسعات ، أي أن :

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \dots\dots = \Delta V_{battery} = \Delta V$$

2 الشحنة

الشحنة الكلية للمجموعة (Q_{total}) يُمكن إيجادها بطريقتين :

الطريقة الأولى بتطبيق العلاقة التالية :

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V$$

الطريقة الثانية بتطبيق العلاقة التالية :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots \dots\dots + Q_n$$

3 السعة المكافئة

يمكن حساب السعة المُكافئة (C_{eq}) بتطبيق العلاقة التالية :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots\dots\dots . C_n$$

سؤال مهم جداً

أشتق معادلة السعة المكافئة لمجموعة من المتسعات المربوطة على التوازي ؟ أو أثبت أن : $C_{eq} = C_1 + C_2$

الجواب

بما أن : $Q_{total} = Q_1 + Q_2$

وبما أن : $Q = C . \Delta V$

إذن : $C_{eq}\, \Delta V = C_1\, \Delta V + C_2\, \Delta V$

$\Rightarrow C_{eq}\, \Delta V = (C_1 + C_2)\, \Delta V$

وبقسمة طرفي المعادلة على (ΔV) نحصل على :

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



مثال 3

أربع مُتسعات سعاتها حسب الترتيب $(4\ \mu F\ ,\ 8\ \mu F\ ,\ 12\ \mu F\ ,\ 6\ \mu F)$ مربوطة مع بعضها على التوازي ، رُبطت المجموعة عبر قطبي بطـــــارية فرق الجهد بين قطبيها ($12\ V$)
إحسب مقدار :

1. السعة المكافئة للمجموعة .
2. الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كُل مُتسعة .
3. الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .



1

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$
$$= 4 + 8 + 12 + 6 = 30\ \mu F$$

2 بما أن المتسعات مربوطة مع بعضها على التوازي ، فيكون فرق الجهد بين صفيحتي كل منهما مُتساوٍ ، ويساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية ($12\ V$) ، أي أن :

$C_1 = 4\ \mu F$ ، $C_2 = 8\ \mu F$ ، $C_3 = 12\ \mu F$ ، $C_4 = 6\ \mu F$ ، بطارية $\Delta V = 12\ V$

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_4 = \Delta V = 12\ V$$
$$Q_1 = C_1\, \Delta V = 4 \times 12 = 48\ \mu Coulomb$$
$$Q_2 = C_2\, \Delta V = 8 \times 12 = 96\ \mu Coulomb$$
$$Q_3 = C_3\, \Delta V = 12 \times 12 = 144\ \mu Coulomb$$
$$Q_4 = C_4\, \Delta V = 6 \times 12 = 72\ \mu Coulomb$$

3 يُمكن حساب الشحنة الكلية المُختزنة في المجموعة بطريقتين :

الطريقة الأولى باستخدام العلاقة التالية : $Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V$

$$Q_{total} = 30 \times 12 = 360\ \mu Coulomb$$

الطريقة الثانية باستخدام العلاقة التالية :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$
$$Q_{total} = 48 + 96 + 144 + 72 = 360\ \mu Coulomb$$



المتسعتان ($C_1 = 3\ \mu F\ ,\ C_2 = 5\ \mu F$) مربوطتان على التوازي ، وصلتا الى بطارية فرق جهدها ($12\ V$) ، إحسب :

1. السعة المكافئة للمجموعة .
2. فرق جهد كل متسعة .
3. الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة والشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .



سؤال ما الغرض (الفائدة العملية) من ربط المتسعات على التوالي ؟

الجواب ليكون بإمكاننـــا وضع فرق جهد كهربائي بمقدار أكبر على طرفي المجموعة قد لا تتحمله أي متسعة من المجموعة لو رُبطت مُنفردة .

سؤال يقل مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعـــات المربوطة على التوالي ، ويكون أصغر من أصغر سعة متسعة في المجموعة ، فسّر ذلك ؟

الجواب: إن ربط المتسعات على التوالي يعني زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكـافئة ، على فرض ثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل .

يتم ربط عدد من المتسعات (على التوالي) كما في الشكل :



عند ربط مجموعة من المتسعات على التوالي ، فإن :

1 فرق الجهد

فرق الجهد الكلي للمجموعة يساوي مجموع فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة ، أي أن :

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 \ldots\ldots\ldots \Delta V_n$$

2 الشحنة



إن مقدار الشحنة المُختزنة في أي من صفيحتي كل مُتسعة مُتساوٍ ويساوي الشحنة الكلية للمجموعة ، أي أن :

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 \ldots\ldots\ldots Q_n$$

3 السعة المكافئة

مقلوب السعة المكافئة يساوي مجموع مقلوب سعة كل متسعة في المجموعة المتوالية ، أي أن :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots + \frac{1}{C_n}$$

سؤال مهم جداً

أشتق معادلة السعة المكافئة لمجموعة من المتسعات المربوطة على التوالي ؟ أو أثبت أن : $C_{eq} = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$

الجواب

بما أن : $\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2$

$$\Delta V_{total} = \frac{Q}{C_{eq}} \quad , \quad \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{C_{eq}} = Q\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right]$$

وبقسمة طرفي المعُادلة على (Q) نحصل على : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

وبتوحيد المقامات في المعُادلة نحصل على : $C_{eq} = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$

ملاحظة مهمة

تُستخدم هذه العلاقة في حالة ربط متسعتين على التوالي وليس أكثر.

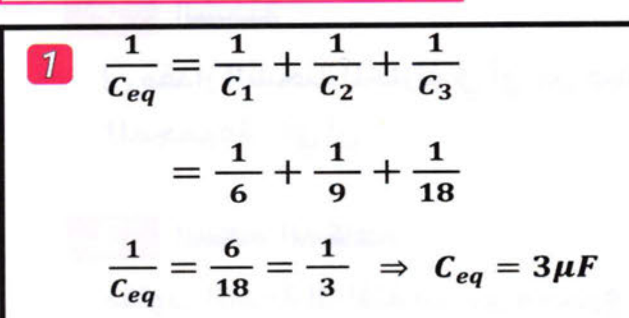


ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب ($6\ \mu F$, $9\ \mu F$, $18\ \mu F$) مربوطة مع بعضها على التوالي ، شُحنت بشحنة كلية ($300\ \mu C$)

إحسب مقدار :

1. السعة المكافئة للمجموعة .
2. الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .
3. فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة .
4. فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .





1

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$
$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}$$
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 3\mu F$$

2 بما أن المتسعات مربوطة على التوالي ، فإن :

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = 300\ \mu C$$

3

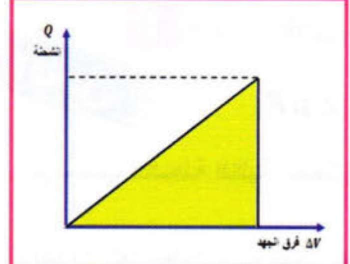
$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100\ V$$

4

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{300}{6} = 50\ V$$
$$\Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3}\ V$$
$$\Delta V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3}\ V$$

الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة

يمكن حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة من خلال رسم مخطط بياني يوضح العلاقة الطردية بين الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة وفرق الجهد الكهربائي (ΔV) بينهما . ومن خلال حساب مساحة المثلث المبين في الشكل التالي (مساحة المثلث = $\frac{1}{2}$ القاعدة × الارتفاع) حيث القاعدة (تمثل ΔV) ، والارتفاع (يمثل مقدار الشحنة Q) يُمكن حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة وكما يلي :



$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\,\Delta V \times Q$$

$$\because \quad C = \frac{Q}{\Delta V}$$

لذلك فان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة يمكن أن تكتب وفقاً للصيغ التالية :

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\,C\,.(\Delta V)^2 \quad \Rightarrow \quad PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

حيث أن : $PE_{electric}$: الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي وتقاس بوحدة الجول (J)
عندما تكون الشحنة بالكولوم (C) وفرق الجهد بالفولط (V) والسعة بالفاراد (F)

كذلك يمكن حساب القدرة الكهربائية المختزنة في المتسعة من العلاقة التالية :

$$Power\ (P) = \frac{PE_{electric}}{time\ (t)}$$

وحدة قياس القدرة هي الواط (W) عندما تكون الطاقة بالجول والزمن بالثانية .



ما مقدار الطاقة المخزونة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها ($2\ \mu F$) إذا شَحنت لفرق جهد كهربائي ($5000\ V$) ، وما مقدار القُدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن ($10\ \mu s$) ؟



$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\,C\,.(\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (5000)^2 = 25\ Joul$$

$$Power\ (P) = \frac{PE_{elecric}}{time\ (t)} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^{6}\ Watt$$

مثال 6 2014 التمهيدي + 2015 الدور الثاني + 2016 الدور الأول + 2017 التمهيدي

مُتسعتـــان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 3\ \mu F\ ,\ C_2 = 6\ \mu F$) مربوطتـــان مع بعضهمـــا على التوالي ، رُبطت مجموعتهما بين قُطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($24\ V$) ، وكـــان الفراغ عازلاً بين صفيحتي كل منهما ، إذا أدخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلــة ثابت عزلهــا (2) يملأ الحيز بينهما (ومــــــا زالت المجموعة مُتصلة بالبطارية) ، فمــا مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتسعة ، والطـــاقة المُختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل مُتسعة في حالتين :

1 قبل إدخال العازل . 2 بعد إدخال العازل .

الحل

1 **قبل إدخال العازل** نحسب السعة المُكافئة للمجموعة بتطبيق العلاقة التالية :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \Rightarrow C_{eq} = 2\ \mu F$$

ثم نحسب الشحنة الكلية المُختزنة في المجموعة بتطبيق العلاقة التالية :

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total} = 2 \times 24 = 48\ \mu Coulomb$$

وبما أن المُتسعتان مربوطتان على التوالي ، تكون الشحنات المختزنة في أي من صفيحتي كل منهما متساوية المقدار ،

أي أن : $Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q = 48\ \mu Coulomb$

$$\therefore\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{48}{3} = 16\ V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{48}{6} = 8\ V$$

ولحساب الطاقة المُختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل مُتسعة تُطبق العلاقة التالية :

$$PE_{(1)electric} = \frac{1}{2} C_1 \times (\Delta V_1)^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 384 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$PE_{(2)electric} = \frac{1}{2} C_2 \times (\Delta V_2)^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 192 \times 10^{-6}\ Joul$$

2 **بعد إدخال العازل** نحسب سعة كل متسعة بعد إدخال العازل :

$$C_{k1} = k\,C_1 = 2 \times 3 = 6\ \mu F \quad , \quad C_{k2} = k\,C_2 = 2 \times 6 = 12\ \mu F$$

ثم نحسب السعة المُكافئة للمُتسعتين (بوجود العازل) المربوطتين على التوالي بتطبيق العلاقة التالية :

$$\frac{1}{C_{k_{eq}}} = \frac{1}{C_{k1}} + \frac{1}{C_{k2}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} \Rightarrow C_{k_{eq}} = 4\ \mu F$$

بما أن اللوح العازل أدخل والمجموعة ما زالت مربوطة بين قطبي البطارية ، فإن فرق الجهد الكهربائي الكلي للمجموعة يبقى ثابتا ($24\ V$) ، وعندئذ يُمكن حساب الشُحنة الكلية للمجموعة من العلاقة التالية :

$$Q_{k(total)} = C_{k_{eq}} \times \Delta V = 4 \times 24 = 96\ \mu C$$

$$\Delta V_{k1} = \frac{Q_{k(total)}}{C_{1k}} = \frac{96}{6} = 16\ V$$

$$\Delta V_{k2} = \frac{Q_{k(total)}}{C_{2k}} = \frac{96}{12} = 8\ V$$

$$PE_{(1)electric} = \frac{1}{2} C_{1k} \times (\Delta V_1)^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 768 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$PE_{(2)electric} = \frac{1}{2} C_{2k} \times (\Delta V_2)^2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 384 \times 10^{-6}\ Joul$$



متسعتـــــــان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 120\ \mu F$, $C_2 = 30\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهمـا على التوالي ومجموعتهمـــا ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20\ V$) فإذا فصلت المجموعة عن البطارية وأدخل لوح من مـــادة عازلة ثابت عزلهـا (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، إحسب مقدار فرق الجهد والطـــاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

بعض أنواع المتسعات

» هناك العديد من المتسعات المتوافرة صناعياً وتكون مختلفة الأنواع والأحجام ومصنوعة من مواد مختلفة لكي تكون ملائمة لمختلف التطبيقات العملية . فمنها ما يكون متغير السعة ومنها ثابت السعة .

وقيم سعاتها تتراوح (من $1\ pF$ الى أكثر من $1\ F$) ومن أمثلتها :

1. المتسعة ذات الورق المُشمّع .
2. المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة .
3. المتسعة الألكتروليتية .

سؤال ما الغرض من المتسعات ذوات الورق المَشمع ؟ وبماذا تمتاز ؟

الجواب تستعمل في العديد من الأجهزة الكهربائية والالكترونية .

» وتمتاز : 1 بصغر حجمها . 2 كُبر مساحة صفائحها .

سؤال مم تتألف المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوّارة (المتحركة) ؟

الجواب تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل أنصاف أقراص ، إحدى المجموعتين ثابتة والأخرى يُمكنها الدوران حول محور ثابت ، تُربط المجموعتين بين قطبي بطارية عند شحنها ، يفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي .

سؤال ما الغرض من المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة ؟

الجواب تُستعمل في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع (الراديو) .

سؤال كيف يمكن زيادة سعة المتسعة المستعملة في دائرة التنغيم في المذياع ؟ وضّح ذلك .

الجواب يتم ذلك بزيادة التشابك بين مجموعتي الصفائح الدوارة والصفـائح الثابتة ، فتزداد بذلك المساحة السطحية للصفائح ونتيجة لذلك تزداد سعة المتسعة .





سؤال مم تتألف المتسعة الإلكتروليتية ؟ وبماذا تمتاز ؟ — 2016 الدور الأول

الجواب

تتألف من صفيحتين إحداهما من الألمنيوم والأخرى من عجينة إلكتروليتية وتتولد المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الألمنيوم والإلكتروليت وتُلف الصفائح بشكل إسطواني .

- **وتمتاز**: بأنها تتحمل فرق جهد كهربائي عالي .

سؤال لماذا توضع علامة على طرفي المتسعة الألكتروليتية ؟

الجواب للدلالة على قطبيتها من أجل ربطها في الدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة .

دائرة تيار مستمر تتألف من مقاومة ومتسعة

دائرة المقاومة والمتسعة : هي دائرة تيار مستمر تحتوي على مقاومة ومتسعة وبطارية .

- **مميزاتها** : تيار هذه الدائرة يكون متغيراً مع الزمن .
- **من أمثلتها** : دوائر شحن وتفريغ المتسعة .

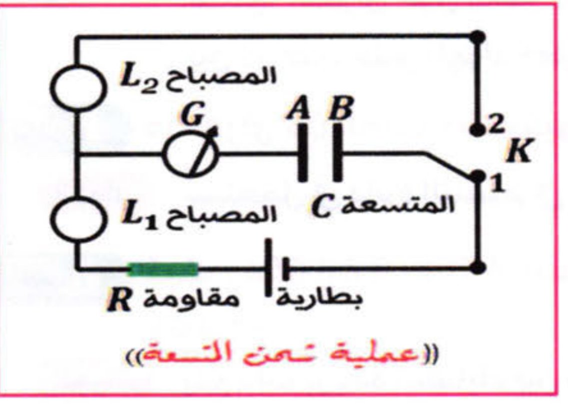
نشاط 2. — 2015 الدور الأول + 2016 التمهيدي

إشرح نشاطاً يوضح كيفية شحن المتسعة مع رسم الدائرة الكهربائية اللازمة لإجراء هذا النشاط .

أدوات النشاط

بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانوميتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A وB) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحان متماثلان (L_1 وL_2) ، أسلاك توصيل .

خطوات النشاط



((عملية شحن المتسعة))

- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل المجاور بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (1) ، وهذا يعني أن المتسعة مربوطة الى البطارية لكي تنشحن .
- نلاحظ إنحراف مؤشر الكلفانوميتر لحظياً الى أحد جانبي صفر التدريجة (نحو اليمين مثلاً) ويعود بسرعة الى الصفر مع ملاحظة توهج المصباح (L_1) بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ وكأن البطارية غير مربوطة بالدائرة .

« إن سبب رجوع مؤشر الكلفانوميتر (G) الى الصفر هو : بعد إكتمال شحن المتسعة يتساوى جهد كل صفيحة مع قطب البطارية المتصل بها ، أي أن المتسعة أصبحت مشحونة بكامل شحنتها وعندها يكون فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية وفي هذه الحالة ينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفر .

الإستنتاج

إن تياراً لحظياً قد إنساب في الدائرة يُسمى (تيار الشحن) يبدأ بمقدار كبير لحظة إغلاق الدائرة ويتناقص مقداره الى الصفر بسرعة بعد إكتمال شحن المتسعة .

3. نشاط

إشرح نشاطاً يوضح كيفية تفريغ المتسعة مع رسم الدائرة الكهربائية اللازمة لإجراء هذا النشاط .

أدوات النشاط

بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانوميتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (AوB) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحان متماثلان (L_1وL_2) ، أسلاك توصيل .

خطوات النشاط

« نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل المجاور بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (2) ، وهذا يعني ربط صفيحتي المتسعة مع بعضهما بسلك موصل وبهذا تتم عملية تفريغ المتسعة من شحنتها ، أي تعادل شحنة صفيحتيها .

((عملية تفريغ المتسعة))

« نلاحظ إنحراف مؤشر الكلفانوميتر لحظياً الى الجانب الآخر من صفر التدريجة (نحو اليسار - عكس إتجاه إنحراف المؤشر في حالة شحن المتسعة) ثم يعود بسرعة الى الصفر مع ملاحظة توهج المصباح (L_2) في الوقت نفسه بضوء ساطع للحظة ثم ينطفئ .

الإستنتاج

إن تياراً لحظياً قد إنساب في الدائرة الكهربائية يُسمى (تيار التفريغ) يتلاشى هذا التيار بسرعة (يساوي صفر) عندما لا يتوافر فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة (أي : $\Delta V_{AB} = 0\ V$) .

يمكن حساب تيار شحن المتسعة وفقاً للعلاقة الرياضية التالية : $I = \frac{\Delta V_{batery}}{R}$

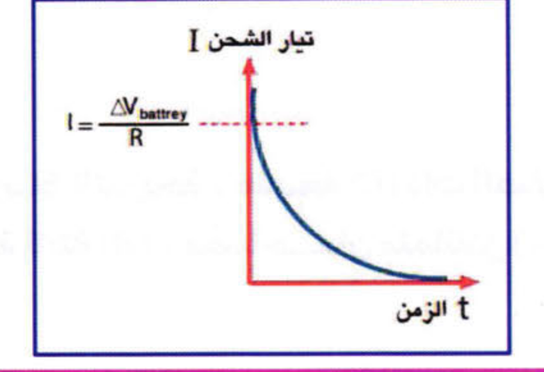
حيث أن : I : تيار الشحن ، R : مقاومة الدائرة ، $\Delta V_{battery}$: فرق جهد البطارية

ويمكن حساب تيار تفريغ المتسعة وفقاً للعلاقة الرياضية التالية : $I = \frac{\Delta V}{R}$

حيث أن : I : تيار التفريغ ، R : مقاومة الدائرة ، ΔV : فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة

2016 التمهيدي

أرسم مخططاً بيانياً يوضح العلاقة بين تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحنها .



2014 التمهيدي + 2015 الدور الثالث

أرسم مخططاً تبين فيه العلاقة بين تيار التفريغ للمتسعة والزمن المستغرق للتفريغ .

تيار التفريغ

$I = \frac{\Delta V_{AB}}{R}$

الزمن (t)

سؤال ما مقدار تيار شحن المتسعة لحظة غلق الدائرة ؟ وهل يستمر بهذا المقدار ؟ ولماذا ؟

الجواب يكون تيار الشحن في مقداره الأعظم لحظة غلق الدائرة ، ولن يستمر على هذه الحال لأن مقداره يتناقص الى الصفر بسرعة عند إكتمال شحن المتسعة ، لتساوي فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة وفرق الجهد بين قطبي البطارية وبالتالي ينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة .

سؤال ما مقدار تيار تفريغ المتسعة لحظة غلق الدائرة ؟ وهل يستمر بهذا المقدار ؟ ولماذا ؟

الجواب يكون تيار التفريغ في مقداره الأعظم لحظة غلق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المتسعة بعضهما بوساطة سلك موصل) ، ولن يستمر على هذه الحال لأن مقداره يهبط الى الصفر بعد إتمام عملية التفريغ ، لإنعدام فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة .



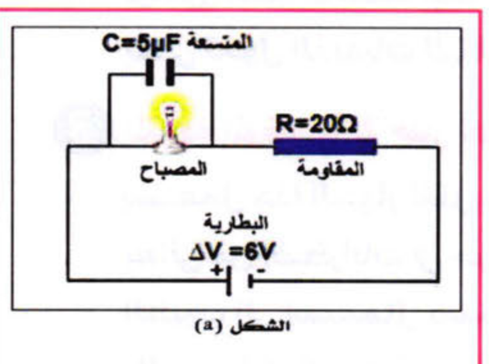
مثال 7 2013 الدور الثالث + 2015 التمهيدي + 2016 الدور الثالث

دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصبـــاح كهربائي مُقاومته ($r = 10\,\Omega$) ومُقاومة مقدارهـــا ($R = 20\,\Omega$) ، وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيهـــا ($\Delta V = 6\,V$) ، رُبطت في الدائرة مُتسعـــة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($5\,\mu F$) . مـــا مقدار الشحنـة المختزلة في أي من صفيحتي المُتسعة والطاقة الكهربائية المُختزنة في مجالهـا الكهربائي لو رُبطت المُتسعة :

1. على التوازي مع المصباح ، لاحظ الشكل (a) .
2. على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى وإفراغها من جميع شُحنتهـــا) ، لاحظ الشكل (b) .

الحل

1 الدائرة الأولى الشكل (a) نحسب مقدار التيار في الدائرة بتطبيق العلاقة التالية :



الشكل (a)

$$I = \frac{\Delta V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{30} = 0.2\,A$$

ثم نحسب مقدار فرق الجهد بين طرفي المصباح وذلك من العلاقة التالية :

$$\Delta V = I \times r = 0.2 \times 10 = 2V$$

وبما أن المتسعة مربوطة مع المصباح على التوازي فإن فرق الجهد بين طرفي المصباح يســـاوي فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ، أي أن فرق الجهد بين صفيحتي المُتسعة ($\Delta V = 2\,V$) :

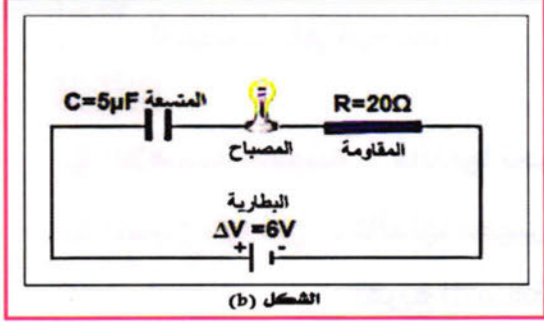
$$Q = C \times \Delta V = 5 \times 10^{-6} \times 2 = 10 \times 10^{-6} = 10\,\mu C$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\,C\,.(\Delta V)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (2)^2 = 10^{-5}\,Joul$$

2 الدائرة الثانية الشكل (b)

بما أن المتسعة مربوطة على التوالي في دائرة التيار المستمر ، فإنهـــا تقطع التيار في الدائرة (أي أن $I = 0$) بعد أن تنشحن بكامل شحنتها ، لأن المتسعة تعمل عمل مفتاح مفتوح لذلك فإن فرق جهد المتسعة يساوي فرق جهد البطارية ($\Delta V = 6\,V$) وبذلك يمكن حساب الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة بتطبيق العلاقة التالية :



الشكل (b)

$$Q = C\,.\Delta V = 5 \times 10^{-6} \times 6 = 30\,\mu C$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\,C\,.(\Delta V)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (6)^2$$

$$= 90 \times 10^{-6}\,Joul$$



بعض التطبيقات العملية للمتسعة

1 المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير (الكاميرا) :

بعد شحنها بوساطة البطارية الموضوعة في المنظومة تُجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في أثناء تفريغ المتسعة من شحنتها .

2 المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية (*Microphone*) :

حيث تكون إحدى صفيحتيها صلبة ثابتة والأخرى مرنة حرة الحركة ، والصفيحتان تكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت ،فالموجات الصوتية تتسبب في إهتزاز الصفيحة المرنة الى الأمام والخلف فيتغير سعة المتسعة تبعاً لتغير البعد بين صفيحتيها وبتردد الموجات الصوتية نفسه ، وهذا يعني تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية .

3 المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب (*The defibrillator*) :

يستعمل هذا الجهاز لنقل مقادير مختلفة ومحددة من الطاقة الكهربائية الى المريض الذي يعاني من إضطرابات في حركة عضلات قلبه . عندما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم فيلجأ الطبيب الى إستعمال صدمة كهربائية تُحفّز قلبه وتُعيد إنتظام عمله ، فالمتسعة المشحونة والموجودة في الجهاز تُفرّغ طاقتها المُختزنة التي تتراوح بين (10 J - 360 J) في جسم المريض بفترة زمنية قصيرة جداً .

4 المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب (*Key board*) :

حيث توضع متسعة تحت كل حرف من الحروف في لوحة المفاتيح ، إذ يُثبّت كل مفتاح بصفيحة متحركة تُمثل إحدى صفيحتي المتسعة والصفيحة الأخرى مُثبتة على قاعدة المفتاح ، وعند الضغط على المفتاح يقل البعد الفاصل بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الإلكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم ضغطه .

2014 الدور الأول

سؤال ما الفائدة العملية من وجود المتسعة في اللاقطة الصّوتية وفي منظومة المصباح الومضي ؟

الجواب

في اللاقطة الصوتية : فائدتها تحويل الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .

في المصباح الومضي : فائدتها تجهيز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع أثناء تفريغ المتسعة من شحنتها .

أسئلة الفصل الأول



سؤال 1 إختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مشحونة ومفصولة عن البطارية ، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها ، أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها ($k = 2$) ملأت الحيز بين الصفيحتين ، فإن مقدار المجال الكهربائي (E_k) بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنةً مع مقداره (E) في حالة الهواء ، يصير :

✗ $E/4$. ✗ $2E$. ✗ E . ✓ $E/2$.

التوضيح يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المشحونة والمفصولة عن البطارية بعد إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتيها بنسبة ثابت العزل الكهربائي (k) ، وبما أن ثابت العزل بالسؤال يساوي ($k = 2$) فإن : $E_k = \frac{E}{k} = \frac{E}{2}$

2 وحدة ($Farad$) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لا تكافئ إحدى الوحدات الآتية :

✗ $Coulomb^2/J$ ✗ $Coulomb/J$ ✓ $Coulomb \times V^2$ ✗ J/V^2

3 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، سعتها C ، قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما $(\frac{1}{3})$ ما كان عليه ، فإن مقدار سعتها الجديدة يساوي :

✗ $(\frac{1}{3}C)$ ✗ $(\frac{1}{9}C)$ ✓ $(3C)$ ✗ $(9C)$

التوضيح : على وفق المعادلة : $C_k = k\frac{\varepsilon_\circ A}{d} \Rightarrow C_k = \frac{1}{d}$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_1}{\frac{1}{3}d_1} = 3 \Rightarrow C_2 = 3\,C_1$$

4 متسعة مقدار سعتها ($20\ \mu F$) ، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها ($2.5\ J$) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي :

✗ $150\ V$ ✗ $350\ V$ ✓ $500\ V$ ✗ $250\ kV$

التوضيح : $PE = \frac{1}{2}C \, . \, \Delta V^2 \Rightarrow \Delta V^2 = \frac{PE}{\frac{1}{2}C} = \frac{2.5}{\frac{1}{2}\times 20\times 10^{-6}} = 500\ V$

5 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($50\ \mu F$) ، الهواء عازل بين صفيحتيها ، إذا أدخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار ($60\ \mu F$) ، فإن ثابت عزل تلك المادة يساوي :

✗ 0.45 ✗ 0.55 ✗ 1.1 ✓ 2.2

التوضيح : بما أن السعة إزدادت بمقدار $60\mu F$ فهذا يعني أن C_K تصبح قيمتها $110\mu F$ لذلك فإن $K = \frac{C_K}{C} = \frac{110}{50} = 2.2$

سؤال 2 عند مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة ، وضّح مــاذا يحصل لمقدار كل من :

a) الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها ؟

b) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟

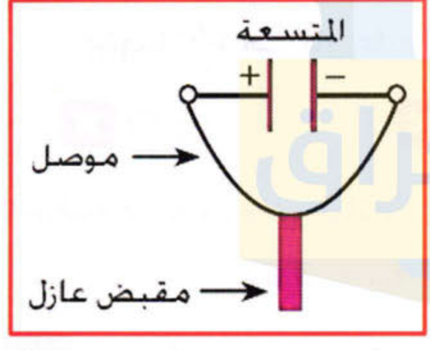
الجواب

a) تتضاعف الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها عند مضــاعفة فرق الجهد (بثبوت السعة) وفقاً للعلاقة : $Q = C.\Delta V$

b) تزداد الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي الى أربع أمثـال ما كانت عليه ، لأن الطاقة المختزنة تتناسب طردياً مع مربع فرق الجهد وفقاً للعلاقة : $PE = \frac{1}{2} C.(\Delta V)^2$

سؤال 3 متسعة مشحونة ، فرق الجهد بين صفيحتيهـا عالٍ جداً (وهي مفصولة عن مصدر الفولطية) ، تكون مثل هذه المتسعـــــة ولمدة زمنية طويلة خطرة عند لمس صفيحتيها باليد مباشرةً . مــا تفسيرك لذلك ؟

الجواب خطورتها تكمن في أن مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيهـــا كبير جـــداً لأن فرق جهدهـــا كبير جداً ($Q = C.\Delta V$) وعند لمس صفيحتيهـــا بوســـاطة اليد (الكف) مباشرةً تتفرغ المتسعــة من شحنتهـــا حيث تُعد اليد مـــادة موصلة بين الصفيحتين .



ولكي نلمس هذه المتسعة باليد وبأمان يجب تفريغهـــا من شحنتها بوســـاطة سلك من مـــادة موصلة مغلفة بمـــادة عازلة يوصل طرفـــاه بين صفيحتيهـــا أو نستعمل المفرغ الكهربائي أو المفك . ((لاحظ الشكل أعلاه))

سؤال 4 ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ، أكتب علاقة رياضية توضح ذلك ؟

الجواب

1. المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين ، وتتناسب معها طرديا ($C \propto A$) .
2. البعد (d) بين الصفيحتين ، وتتناسب معه عكسياً ($C \propto \frac{1}{d}$)
3. نوع الوسط العازل بين الصفيحتين . وفقـــاً للعلاقة الآتية : $C = \frac{\varepsilon_\circ A}{d}$







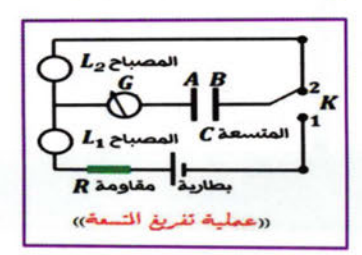
2013 الدور الثاني

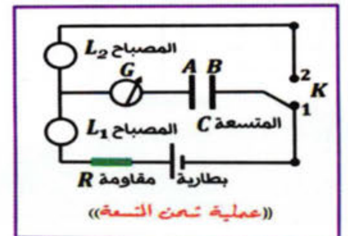
سؤال 5 ارسم مخططاً لدائرة كهربائية (مع التأشير على أجزائها) توضح فيها :




(a) عملية شحن المتسعة . (b) عملية تفريغ المتسعة من شحنتها .

الجواب

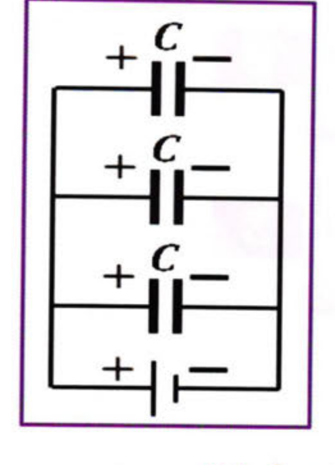




سؤال 6 لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منها (C) ومصدر للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار . أرسم مخططاً لدائرة كهربائية تبين فيها الطريقة المناسبة لربط المتسعات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على أكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن خزنه في المجموعة ، ثم أثبت أن الترتيب الذي تختاره هو الأفضل .

الجواب تُربط المتسعات الثلاث على التوازي مع بعضها بين قطبي البطارية فتزداد السعة المكافئة للمجموعة :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 3C$$



وبما أن الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة الواحدة تعطى بالعلاقة :

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C . (\Delta V)^2$$

وأن الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة المكافئة تعطى بالعلاقة :

$$PE_{total} = \frac{1}{2} C_{eq} . (\Delta V)^2$$

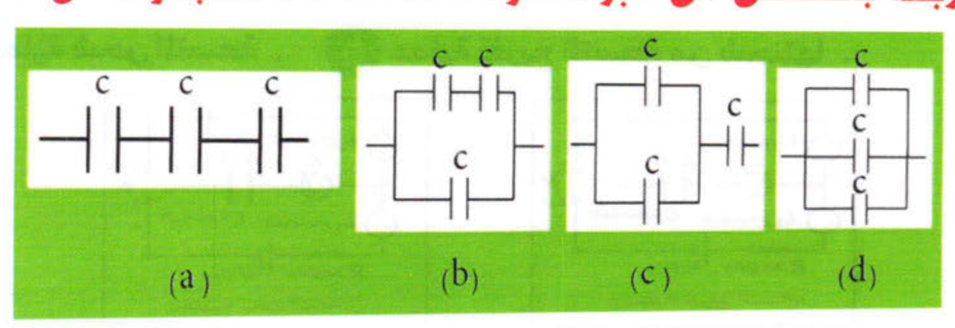
$$\frac{P.E_{total}}{P.E_1} = \frac{\frac{1}{2} C_{eq}(\Delta V)^2}{\frac{1}{2} C (\Delta V)^2} = \frac{C_{eq}}{C} = \frac{3C}{C} = 3$$

فتزداد الطاقة المختزنة الى ثلاثة أمثال ما كانت عليه للمتسعة الواحدة .

سؤال 7 هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوّارة تكون مربوطة مع بعضها على التوالي أم على التوازي ؟ وضّح ذلك .

الجواب المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة تكون مربوطة مع بعضها على التوازي . إذ تتألف من مجموعتين من الصفائح إحداهما ثابتة والأخرى يمكن تدويرها حول محور . وعندما يُراد شحن المتسعة تُربط مجموعة الصفائح الثابتة بأحد قطبي البطارية (الموجب مثلاً) ومجموعة الصفائح الدوّارة تُربط بالقطب الآخر (السالب مثلاً) ، فتكون إحدى المجموعتين بجهد موجب والأخرى بجهد سالب وهذه هي ميّزة الربط على التوازي .

سؤال 8 في الشكل التالي ، المتسعات الثلاثة متماثلة سعة كل منها (C) ، رتّب الأشكال الأربعة بالتسلسل من أكبر مقدار للسعة المكافئة للمجموعة الى أصغر مقدار :



الجواب $(d) > (b) > (c) > (a)$

سؤال 9 2014 الدور الثاني + 2017 التمهيدي

a أذكر ثلاثة تطبيقات عملية للمتسعة ووضح الفائدة العملية من إستعمال تلك المتسعة في كل تطبيق .

الجواب

1 المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي .

الفائدة العملية منها : تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع .

2 المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية .

الفائدة العملية منها : تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .

3 المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب .

الفائدة العملية منها : تفرغ طاقتها الكبيرة والمختزنة في جسم المريض بفترة زمنية قصيرة جداً (بطريقة الصدمة الكهربائية) تُحفّز قلبه وتُعيد إنتظام عمله .

2013 الدور الأول + 2013 الدور الأول الخاص + 2017 الدور الثالث

b أذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائية تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلاً من الفراغ .

الجواب

1 زيادة سعة المتسعة ، لأن : ($C_k = k.C$) .

2 منع الإنهيار الكهربائي المبكر للعازل بين صفيحتيهـا عند تسليط فرق جهد كبير بين صفيحتيها .

2015 الدور الأول للنازحين

c) مـــا العامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب أثناء إستعمالها ؟

الجواب يتغير البعد بين الصفيحتين (عند الضغط على المفتــاح يقل البعد) ، فتزداد بذلك سعة المتسعة وتتغير مقدار سعة المتسعة الموضوعة تحت ذلك المفتاح وعندها يحصل التعرف على الحرف المطلوب بتعيين الحرف المطلوب في اللوحة .

d) مـــا مصدر الطـــاقة الكهربـــائية المجهزة للجهاز الطبي المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز واعادة إنتظام عمل قلب المريض ؟

الجواب الطاقـــــة المختزنة في المجـــــال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الموضوعة في الجهاز .

e) ما التفسير الفيزيائي لكل من :

1) إزدياد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي .

2) نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي .

الجواب
1 بسبب إزدياد المساحة السطحية للمتسعة المكــافئة للتوازي ، لأن : ($C \propto A$).
2 بسبب إزدياد البعد بين الصفيحتين للمتسعة المكافئة للتوالي ، لأن : ($C \propto \frac{1}{d}$).

سؤال 10 علل ما يأتي :

2014 الدور الأول للنازحين + 2015 التمهيدي + 2015 الدور الثاني + 2016 الدور الأول

a) المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد مفتاحاً مفتوحاً ؟

الجواب لأن المتسعة عندما تُشحن بكامل شحنتهـــا يكون جهد كل صفيحة منها مساوياً لجهد القطب المتصل بالبطارية ، وهذا يعني أن فرق جهد البطارية يســـاوي فرق جهد المتسعة ، وهذا يجعل فرق الجهد بين طرفي المقاومة في الدائرة يســـاوي صفراً ، وعندئذٍ يكون التيار في الدائرة يساوي صفراً .

b) يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها ؟

الجواب بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) يُعـــاكس بالإتجاه المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (E) فيكون المجـــــال المحصل : ($E_k = E - E_d$) فيقل بنسبة ثابت العزل للمادة ، أي : $E_k = \frac{E}{k}$.

c يحدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل عنده المتسعة ؟

الجواب لمنـع الإنهيــــار الكهربــائي المبكر للعازل بين الصفيحتين نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من شحنتها وتتلف المتسعة عندئذٍ .

d متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونـة ومفصولة عن البطـــــــارية ، لو مُلأ الحيز بين صفيحتيهـــا بالماء النقي بدلاً من الهواء ، فــــإن مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض . مــــــا تعليل ذلك ؟

الجواب بمـــا أن المتسعة مفصولة عن المصدر فإن إدخـــــال العازل يسبب نقصان مقدار المجــــــال الكهربـــائي بين الصفيحتين بنسبة ثابت العزل k فيقل فرق الجهد بنسبة k ، لأن : $E_k = \frac{E}{k}$

وبما أن : $E = \frac{\Delta V}{d}$

فيكون $\Delta V \propto E$ بثبوت البعد (d) بين الصفيحتين : $\Delta V = Ed$

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

سؤال 11 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عــازل بين صفيحتيهــــــا ، شُحنت بوســاطة بطارية ثم فُصلت عنها ، وعندمــــا أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله $(K = 2)$ بين صفيحتيهــا ، مــــــاذا يحصل لكل من الكميات الآتية للمتسعة (مع ذكر السبب) :

a الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها . **b** سعتها . **c** فرق الجهد بين صفيحتيها .

d المجال الكهربائي بين صفيحتيها . **e** الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

الجواب

a الشحنة المختزنة تبقى ثابتة ، لأن المتسعة مفصولة عن البطـارية .

b سعتهــــا تزداد الى الضعف على وفق العلاقة : $C_k = k\,.\,C = 2C$.

c فرق الجهد بين الصفيحتين يقل الى نصف ما كان عليه على وفق العلاقة :

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{1}{2}\Delta V$$

d يقل المجال الكهربائي الى نصف ما كان عليه على وفق العلاقة :

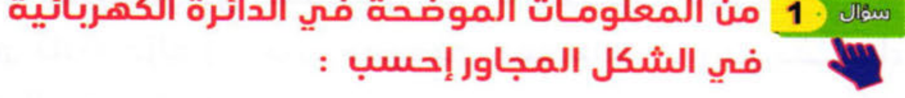
$$E_k = \frac{E}{k} = \frac{1}{2}E$$

e تقل الطاقة الى نصف ما كانت عليه على وفق العلاقة :

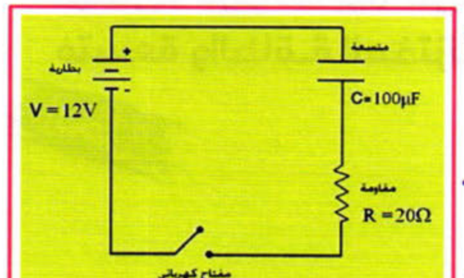
$$P.E = \frac{1}{2}\Delta V\,.\,Q$$

$$\frac{PE_k}{PE} = \frac{\frac{1}{2}Q\,.\,\Delta V_k}{\frac{1}{2}Q.\,\Delta V} = \frac{\frac{1}{1}\Delta V}{\Delta V} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad PE_k = \frac{1}{2}\,PE$$

مسائل الفصل الأول

سؤال 1 من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل المجاور إحسب :



a) المقدار الأعظم لتيــار الشحن ، لحظة إغلاق الدائرة .

b) مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد فترة من إغلاق المفتاح (بعد إكتمـــال عملية الشحن) .

c) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعـــة .

d) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .

الحل

a) $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{20} = 0.6\ A$

b) $\Delta V = 12\ V$

c) $Q = C\,.\Delta V = 100 \times 12 = 1200\ \mu C$

d) $PE_{elec} = \frac{1}{2}\,\Delta V \times Q = \frac{1}{2} \times 12 \times 1200 \times 10^{-6} = 72 \times 10^{-4} Joul$

سؤال 2 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($4\ \mu F$) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20\ V$) :

1) ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .

2) إذا فصلت المتسعة عن البطارية وأدخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها الى ($10\ V$) فمـــا مقدار ثابت العزل للوح العازل ؟ وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل بين صفيحتيها ؟



الحل

1) $Q = C\,.\Delta V = 4 \times 20 = 80\ \mu C$

2) $K = \frac{\Delta V}{\Delta V_k} = \frac{20}{10} = 2$

$C_k = K\,.C = 2 \times 4 = 8\ \mu F$

سؤال 3 متسعتان ($C_1 = 9\ \mu F\ ,\ C_2 = 18\ \mu F$) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها ($12\ V$) :

1. احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها .
2. أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد إدخال العازل؟


الحل

(1)
$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9+18} = 6\ \mu F$$

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total} = 6 \times 12 = 72\ \mu C$$

بما أن المتسعتان مربوطتان على التوالي ، لذلك : $Q_1 = Q_2 = Q_{total} = 72\ \mu C$

$$\therefore\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{72}{9} = 8\ V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{72}{18} = 4\ V$$

$$PE(1)_{electric} = \frac{1}{2} Q\, \Delta V_1 = \frac{1}{2} \times 72 \times 10^{-6} \times 8 = 288 \times 10^{-6}\ Joul$$
$$PE(2)_{electric} = \frac{1}{2} Q\, \Delta V_2 = \frac{1}{2} \times 72 \times 10^{-6} \times 4 = 144 \times 10^{-6}\ Joul$$

(2)
$$C_{1k} = K\, C_1 = 4 \times 9 = 36\ \mu F$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{36} + \frac{1}{18} = \frac{1+2}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 12\ \mu F$$

بما أن المتسعتان متصلتان بالبطارية ، لذلك فرق الجهد الكلي يبقى ثابتاً :

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total} = 12 \times 12 = 144\ \mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\therefore\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_{1k}} = \frac{144}{36} = 4\ V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{144}{18} = 8\ V$$

$$PE(1)_{electric} = \frac{1}{2} Q\, \Delta V_1 = \frac{1}{2} \times 144 \times 10^{-6} \times 4 = 288 \times 10^{-6}\ Joul$$
$$PE(2)_{electric} = \frac{1}{2} Q\, \Delta V_2 = \frac{1}{2} \times 144 \times 10^{-6} \times 8 = 576 \times 10^{-6}\ Joul$$

سؤال 4 متسعتـــــــان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 16\ \mu F$, $C_2 = 24\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهمـــا على التوازي ومجموعتهمـــا رُبطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($48\ V$) ، إذا أدخل لوح من مـادة عازلة ثابت عزلهـــا (k) بين صفيحتي المتسعة الأولى ومـــا زالت المجموعة متصلة بالبطارية فكـانت الشحنة الكلية للمجموعة ($3456\ \mu C$) ، ما مقدار :

1) ثابت العزل (k) .

2) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال المادة العازلة .



بعد إدخال العازل ، يبقى فرق الجهد ثابتاً ، لذلك :

1) $C_{eq} = \frac{Q_{total}}{\Delta V_{total}} = \frac{3456}{48} = 72\ \mu C$

$C_{eq} = C_{1k} + C_2 \Rightarrow 72 = C_{1k} + 24 \Rightarrow C_{1k} = 72 - 24 = 48\ \mu F$

$\therefore\ K = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{48}{16} = 3$

2) قبل إدخال العازل :

$Q_1 = C_1\, \Delta V = 16 \times 48 = 768\ \mu C$

$Q_2 = C_2\, \Delta V = 24 \times 48 = 1152\ \mu C$

بعد إدخال العازل :

$Q_1 = C_{1k}\, \Delta V = 48 \times 48 = 2304\ \mu C$

$Q_2 = C_2\, \Delta V = 24 \times 48 = 1152\ \mu C$

سؤال 5 متسعتان ($C_1 = 4\ \mu F$, $C_2 = 8\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ، فإذا شَحنت مجموعتهمـــا بشحنة كلية ($600\ \mu C$) بوســـاطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فُصلت عنه :

1) إحسب لكل متسعـــة مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيهـــا والطـاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

2) أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فمـا مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد والطـاقة المختزنـة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

الحل

1) $C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\ \mu F$

$\Delta V = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50\ V = \Delta V_1 = \Delta V_2$ لأن الربط توازي

$Q_1 = C_1\, \Delta V = 4 \times 50 = 200\ \mu C$

$Q_2 = C_2\, \Delta V = 8 \times 50 = 400\ \mu C$

$PE(1)_{electric} = \frac{1}{2} Q_1\, \Delta V = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-6} \times 50 = 50 \times 10^{-3}\ Joul$

$PE(2)_{electric} = \frac{1}{2} Q_2\, \Delta V = \frac{1}{2} \times 400 \times 10^{-6} \times 50 = 10^{-2}\ Joul$

(2) $C_{2k} = K\, C_2 = 2 \times 8 = 16\ \mu F$

$C_{eq} = C_1 + C_{2k} = 4 + 16 = 20\ \mu F$

بما أن المتسعات فصلت عن المصدر ، لذلك فالشحنة الكلية تبقى ثابتة :

$$\Delta V = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{600}{20} = 30\ V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$Q_1 = C_1\, \Delta V = 4 \times 30 = 120\ \mu C$

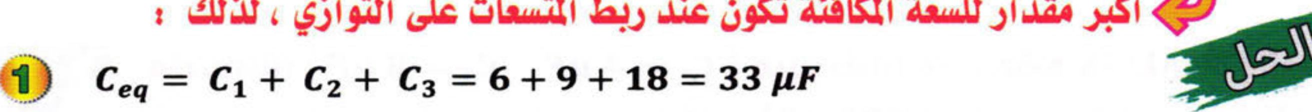
$Q_2 = C_{2k}\, \Delta V = 16 \times 30 = 480\ \mu C$

$PE(1)_{electric} = \frac{1}{2} Q_1\, \Delta V = \frac{1}{2} \times 120 \times 10^{-6} \times 30 = 18 \times 10^{-4}\ Joul$

$PE(2)_{electric} = \frac{1}{2} Q_2\, \Delta V = \frac{1}{2} \times 480 \times 10^{-6} \times 30 = 72 \times 10^{-4}\ Joul$

سؤال 6 لديك ثلاث متسعات سعاتها ($C_1 = 6\ \mu F$, $C_2 = 9\ \mu F$, $C_3 = 18\ \mu F$) ومصدر للفولطيـــة المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ($6\ V$) ، وضّح مع رســـم مخطط للدائرة الكهربائية كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على :

1. أكبر مقدار للسعة المكافئة ، ومـا مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة .
2. أصغر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة .



الحل

أكبر مقدار للسعة المكافئة تكون عند ربط المتسعات على التوازي ، لذلك :

(1) $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 6 + 9 + 18 = 33\ \mu F$

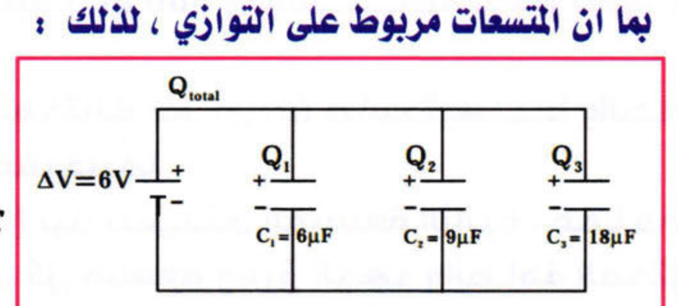
بما ان المتسعات مربوط على التوازي ، لذلك : $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V = 6\ V$

$Q_1 = C_1\, \Delta V = 6 \times 6 = 36\ \mu C$

$Q_2 = C_2\, \Delta V = 6 \times 6 = 54\ \mu C$

$Q_3 = C_3\, \Delta V = 18 \times 6 = 108\ \mu C$

$Q_{total} = C_{eq}\, \Delta V = 33 \times 6 = 198\ \mu C$



أصغر مقدار للسعة المكافئة تكون عند ربط المتسعات على التوالي ، لذلك :

(2) $$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$\Rightarrow C_{eq} = 3\ \mu F$

$Q_{total} = C_{eq}\, \Delta V = 3 \times 6 = 18\ \mu C$

بما أن المتسعات مربوطة على التوالي ، لذلك : $Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 18\ \mu C$



Test Yourself.



الدور الثاني 2013

متسعتان ($C_1 = 12\ \mu F\ ,\ C_2 = 6\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ، فإذا شُحنت مجموعتهما بشحنة كلية ($180\ \mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فُصلت عنه :

1. إحسب لكل متسعة مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .
2. أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (4) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد كل متسعة بعد إدخال العازل ؟

التمهيدي 2014

مُتسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 12\ \mu F\ ,\ C_2 = 6\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ، رُبطت مجموعتهما بين قُطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($24\ V$) ، أدخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملأ الحيز بينهما (وما زالت المجموعة مُتصلة بالبطارية) ، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل مُتسعة بعد إدخال العازل ؟

الدور الأول 2014 للنازحين

متسعتان ($C_1 = 3\ \mu F\ ,\ C_2 = 6\ \mu F$) من ذوات الصفيحتين المتوازيتين مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها ($6\ V$) :

1. ما مقدار السعة المكافئة ؟
2. إحسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .

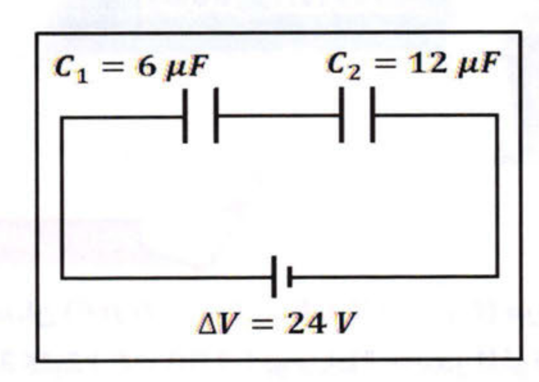
الدور الثاني 2014 للنازحين

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 6\ \mu F\ ,\ C_2 = 2\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما رُبطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($12\ V$) ، إحسب مقدار :

1. شحنة كل متسعة والشحنة الكلية .
2. أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (2) بين صفيحتي المتسعة الاولى (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد إدخال المادة العازلة والشحنة الكلية ؟

التمهيدي 2015 الأنبار

في الشكل المجاور ، متسعتان ($C_1 = 6\ \mu F$, $C_2 = 12\ \mu F$) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتـــان مع بعضهمـــا على التوالي وربطت المجموعة مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيهـــا ($24\ V$) ، إحسب مقـــدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيهـــا .



الدور الأول 2015

متسعتـــــان ($C_1 = 4\ \mu F$) و ($C_2 = 8\ \mu F$) موصلتان على التوازي ، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها ($600\ \mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه ، إحسب :

1. الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة .
2. إدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثانية فأصبحت شحنتها ($480\ \mu C$) ، فما مقدار ثابت العزل (k) ؟



متسعتان ($C_1 = 9\ \mu F$, $C_2 = 3\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهمـا على التوازي ، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية ($288\ \mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه ، إحسب (لكل متسعة) :

1. مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها .
2. أدخل لوح من مادة عـازلة كهربائياً ثابت عزلها (5) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فمـــا مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعـة وفرق جهد كل متسعة بعد وضع العازل ؟

الدور الثاني 2015

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 6\ \mu F$, $C_2 = 12\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهمـــا على التوالي ، ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيهـــا ($12\ V$) وكـــان الهواء عازلاً بين صفيحتي كل منهما ، إذا أدخل بين صفيحتي كل منهمـــا لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (3) يملأ الحيز بينهما (وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية) ، جد مقدار :

1. فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخـــــال العازل .
2. الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل منهما بعد إدخال العازل .



الدور الثالث 2015

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 3\ \mu F\ ,\ C_2 = 6\ \mu F$) مربوطتان على التوالي ، شحنت المجموعة بشحنة كلية مقدارها ($72\ \mu C$) ، إحسب مقدار :

1. فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة .
2. فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .
3. الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة .

الدور الأول 2016

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 120\ \mu F\ ,\ C_2 = 30\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20\ V$) فإذا فصلت المجموعة عن البطارية وأدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، إحسب مقدار فرق الجهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

الدور الثاني 2016

متسعتان ($C_1 = 6\ \mu F\ , C_2 = 12\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي، شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها ($180\ \mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ، فإذا فصلت المجموعة عن البطارية وأدخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (4) بين صفيحتي المتسعة الاولى ، جد مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق جهد كل متسعة قبل وبعد إدخال العازل .



التمهيدي 2017

متسعتان ($C_1 = 6\mu F\ ,\ C_2 = 3\mu F$) من ذوات الصفيحتين المتوازيتين مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها ($12\ V$) :

1. إحسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .
2. أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية C_2 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) ، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل ؟

المثالي في الفيزياء

حسن عبد الكاظم الربيعي





الفصل الثاني

الحث الكهرومغناطيسي

ملازم دار المغرب



الفصل الثاني



الحث الكهرومغناطيسي

سؤال أين يُستعمل المغناطيس الكهربائي ؟

الجواب
1. يستعمل في رفع قطع الحديد الثقيلة .
2. في مُعظم الأجهزة الكهربائية مثل : ((المولد ، المحرك ، مولدة الصوت ، المُسجل الصوتي والصوري ، القيثارة ، الحاسوب ، الرنين المغناطيسي وفي تسيير القطارات فائقة السرعة)) .

سؤال أين يتولد المجال المغناطيسي ؟

الجواب
1. يتولد حول الشحنات الكهربائية المتُحركة .
2. يتولد حول المغانط الدائمة .

تأثير المجال الكهربائي على الجسيم المشحون

2014 الدور الثالث

سؤال ماذا يحصل لجسيم مشحون بشحنة موجبة $(+q)$ عندما يتحرك بسرعة مقدارها (v) بإتجاه عمودي على خطوط مجال كهربائي منتظم ؟

الجواب سيتأثر هذا الجسيم بقوة كهربائية ($\vec{F}_E$) تتجه بإتجاه موازي لخطوط المجال الكهربائي .

إتجاه هذه القوة الكهربائية يُعطى بالعلاقة : $\vec{F}_E = q\,\vec{E}$

مقدار القوة الكهربائية يُعطى بالعلاقة : $F_E = q\,E$

حيث أن : F_E : القوة الكهربائية وتقاس بوحدة (النيوتن N)
q : شحنة الجُسيم ، وتقاس بوحدة (الكولوم C)
E : المجال الكهربائي ، ويُقاس بوحدة (نيوتن / كولوم N/C)

تأثير المجال المغناطيسي على الجسيم المشحون

2013 الدور الأول

سؤال مــاذا يحصل إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة $(+q)$ بإتجــاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(\vec{B})$ ؟

الجواب يتحرك الجسيم على مســـار دائري بتأثير قوة مغناطيسية عمودية على متجه السرعة للجسيم ، وفق العلاقة الآتية : $\vec{F}_B = q\,v\,B$





لحساب مقدار القوة المغناطيسية (F_B) نُطبق العلاقة الآتية : $F_B = q\, v\, B \sin\theta$

حيث أن : F_B : القوة المغناطيسية وتقاس بوحدة (النيوتن N)

v : سرعة الجُسيم وتقاس بوحدة (متر / ثانية m/s)

B : كثافة الفيض المغناطيسي وتقاس بوحدة (تسلا (T) Tesla)

θ : الزاوية بين متجه السرعة $\vec{v}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$

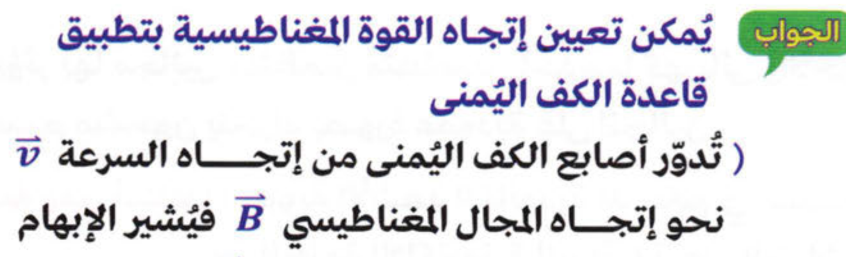
سؤال علام تعتمد القوة المغناطيسيـــة المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟

الجواب تعتمد على :

1 مقدار شحنة الجسيم . 2 سرعة الجسيم . 3 كثافة الفيض المغناطيسي .

4 الزاوية (θ) المحصورة بين متجه السرعة ($\vec{v}$) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) .

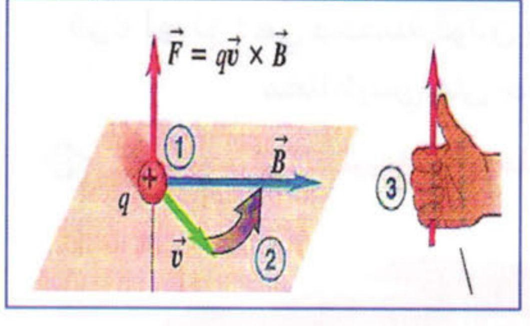
سؤال كيف يُمكن تعيين إتجاه القوة المغناطيسية ؟



الجواب يُمكن تعيين إتجاه القوة المغناطيسية بتطبيق قاعدة الكف اليُمنى

(تُدوّر أصابع الكف اليُمنى من إتجـــاه السرعة $\vec{v}$ نحو إتجـــاه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ فيُشير الإبهام الى إتجـــاه القوة المغناطيسية $\vec{F}_B$)

لاحظ الشكل المجاور :



ملاحظات مهمة

1 إذا كانت السرعة v عمودية على كثافة الفيض المغناطيسي B ، فإن ($\theta = 90$)
وهذا يؤدي الى : ($\sin 90 = 1$)
وفي هذه الحالة تكون القوة المغناطيسية F_B في مقدارهـــــا الأعظم
وتُعطى بالعلاقة الآتية : $F_B = q\, v\, B$

2 إذا كـانت السرعة v موازية لكثافة الفيض المغناطيسي B ، فإن ($\theta = 0$)
وهذا يؤدي الى : ($\sin 0 = 0$)
وفي هذه الحالة تنعدم القوة المغناطيســــية F_B ، أي أن : ($F_B = 0$)



قوة لورنز

إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة بإتجاه عمودي على مجال كهربائي منتظم ومجال مغناطيسي منتظم في آنٍ واحد ومتعامدان مع بعضهما ، فإن هذا الجسيم سيتأثر فيها بقوتين إحداهما قوة كهربائية ($\overrightarrow{F_E}$) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي ($\overrightarrow{E}$) ، والأخرى قوة مغناطيسية ($\overrightarrow{F_B}$) يؤثر فيها المجال المغناطيسي ($\overrightarrow{B}$) ، وبما أن القوة المغناطيسية ($\overrightarrow{F_B}$) تكون عمودية على كل من إتجاه السرعة ($\overrightarrow{v}$) وإتجاه كثافة الفيض ($\overrightarrow{B}$) ، فهي إما تكون بإتجاه القوة الكهربائية أو بإتجاه مُعاكس لها ، وإن محصلة هاتين القوتين تُسمى بـ (قوة لورنز) تُقاس بوحدة (نيوتن N) وتُعطى بالعلاقة الآتية :

$$\overrightarrow{F}_{Lorentz} = \overrightarrow{F}_E + \overrightarrow{F}_B$$

2013 التمهيدي + 2015 الدور الثالث + 2016 التمهيدي

سؤال ما المقصود بقوة لورنز ؟ وأين تُستثمر ؟

الجواب

قوة لورنز : هي محصلة قوتين يؤثر بها مجالين منتظمين متعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي على جسيم مشحون يتحرك بصورة عمودية على المجالين .

وتُستثمر في التطبيقات العملية ومن أمثلتها : أنبوبة الأشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحُزمة الإلكترونية الساقطة على الشاشة .

الحث الكهرومغناطيسي

ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي: هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية مُحتثة وتيار مُحتث في دائرة كهربائية مُقفلة (حلقة موصلة أو ملف سلكي) نتيجة لحصول تغير في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن والذي يخترق تلك الدائرة .

إكتشاف أورستد : مرور تيار كهربائي في موصل يولد حوله مجال مغناطيسي .

لذا يُعد أورستد أول من وجد العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية .

سؤال هل يمكن توليد تيار كهربائي في حلقة موصلة مُقفلة (أو ملف سلكي) ؟ وضح ذلك .

الجواب نعم ، وذلك بوساطة مجال مغناطيسي مُتغير يواجه تلك الحلقة أو الملف .



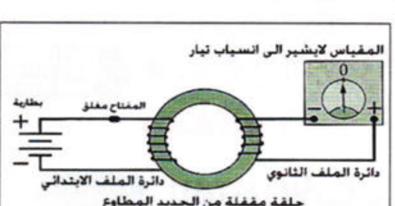
إكتشاف فرداي

سؤال إشرح تجربة توضح إكتشاف فرداي في الحث الكهرومغناطيسي .

أدوات النشاط

ملفين يتألفان من سلكين ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ، بطارية ، مفتاح ، كلفانوميتر .

خطوات النشاط

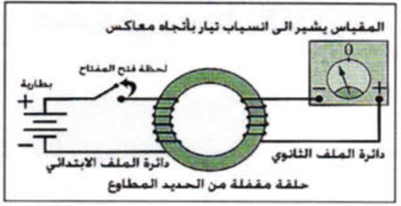


- نربط أحد الملفين على التولي مع البطـــارية والمفتـــاح وتسمى هذه الدائرة بـ (دائرة الملف الابتدائي) ، ونربط الملف الآخر بالكلفـــانوميتر (صفره في وسط التدريجة) وتسمى هذه الدائرة بـ (دائرة الملف الثانوي) .

- لاحظ فرداي (لحظة إغلاق المفتـــاح المربوط مع الملف الابتدائي) إنحراف مؤشر الكلفانوميتر المربوط مع الملف الثانوي في إتجـــاه معين ثم رجوعه الى تدريجة الصفر .

حيث أن :

- إنحراف مؤشر الكلفانوميتر دليل قاطع على إنسياب تيار كهربائي في دائرة الملف الثانوي ، وهذا التيار يُسمى بـ (التيـــار المحتث) على الرغم من عدم توافر بطارية أو مصدر للفولطية في هذه الدائرة .
- عودة مؤشر الكلفانوميتر الى تدريجة الصفر بعد إغلاق المفتاح كان بسبب ثبوت التيار المنساب في دائرة الملف الابتدائي ، وعندهـــا لا يحصل تغير في الفيض المغناطيـــسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن $(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$.



- لاحظ فرداي (عند فتح المفتاح المربوط في دائرة الملف الابتدائي)
إنحراف مؤشر الكلفـــانوميتر ثانيةً ولكن الى الجانب الآخر للصفر في هذه المرة ثم عودته الى تدريجة الصفر .



- إنتبه فرداي الى ضرورة توافر العـــامل الأساسي لتوليد التيار المحتث في دائرة مقفلة وهو حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

الإستنتـــاج

يتولد تيار مُحتث في دائرة كهربائية مُقفلة (مثل ملف سلكي أو حلقة موصلة) ، فقط عندما يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن $(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$.

سؤال لماذا فشلت جميع المحاولات التي سبقت تجربة فرداي في توليد تيار كهربائي بوساطة مجال مغناطيسي ؟

الجواب لأن جميع المحاولات السابقة إعتمدت في تجربتها على المجالات المغناطيسية الثابتة فقط .

سؤال في تجربة فرداي ، ما سبب عودة مؤشر الكلفانوميتر الى تدريجة الصفر بعد إغلاق المفتاح المربوط في دائرة الملف الابتدائي .

الجواب بسبب ثبوت التيار المنساب في دائرة الملف الابتدائي ، وعندها لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن $(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$.

سؤال ما هو العامل الأساس الواجب توافره لتوليد التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة ؟

الجواب العامل الأساس هو حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

2016 الدور الثاني

سؤال هل يمكن للمجال المغناطيسي أن يولد تياراً كهربائياً في حلقة موصلة مقفلة ؟ وضح ذلك .

الجواب نعم ، إذا توفرت حركة نسبية بين المجال المغناطيسي $(\vec{B})$ والحلقة المقفلة .

أو : إذا حصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة خلال وحدة الزمن .

نشاط 1.

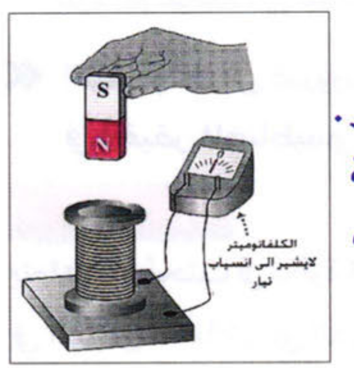
إشرح نشاطاً يوضح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟

أدوات النشاط

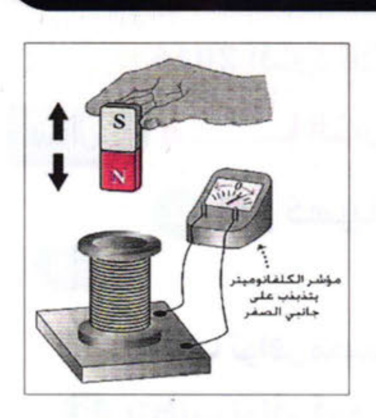
ملفان سلكيان مجوفان مختلفان في أقطارهما (يمكن إدخال أحدهما في الآخر) ، كلفانوميتر صفره في وسط التدريجة ، ساق مغناطيسية ، أسلاك توصيل ، بطارية ، مفتاح كهربائي .

خطوات النشاط

أولاً

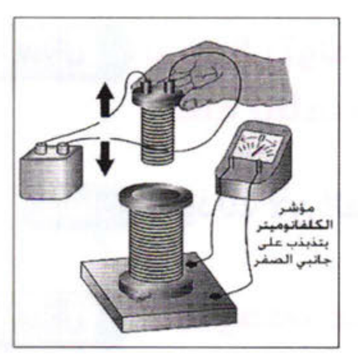


- نربط طرفي أحد الملفين بوساطة أسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر .
- نجعل الساق المغناطيسية وقطبها الشمالي مواجهاً للملف وفي حالة سكون نسبة للملف ، سنلاحظ أن مؤشر الكلفانوميتر يبقى ثابتاً عند صفر التدريجة ، أي لا يُشير الى إنسياب تيار في الدائرة .



- ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف ثم نُبعده عنه ، سنُلاحظ أن مؤشر الكلفـــــانوميتر ينحرف على أحد جـانبي صفر التدريجة (**عند تقريب الساق**) وينحرف بإتجـــاه مُعــاكس (**عند إبعـادها**) مُشيراً الى إنسياب تيار محتث في دائرة الملف في الحالتين .

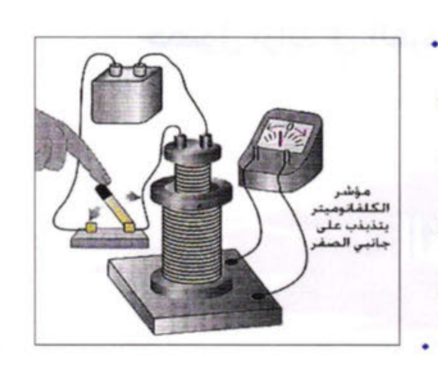
ثانياً



- نربـط طـرفي ملف آخـــر (ويُسمــى **بالملـف الابتدائي**) بين قطبي البطارية بوساطة أسلاك التوصيل للحصول على مغناطيس كهربائي .
- نُحرك الملف المتصل بالبطارية (**الملف الابتدائي**) أمـــــام وجه الملف الآخر (**الملف الثـانوي**) المتصل بالكلفـــــانوميتر بتقريبه مرة من وجه الملف الثانوي وإبعاده مرة أخرى وبموازاة محوره .

سنلاحظ أن مؤشر الكلفـــانوميتر ينحرف على أحد جانبي الصفر مرة وبإتجاه معاكس مرة أخرى وبالتعاقب مُشيراً الى إنسياب تيار مُحتث في دائرة الملف الثانوي ثم عودته الى الصفر عندمـــا لا يحصل توافر الحركة النسبية بين الملفين .

ثالثاً



- نربط المفتـــاح الكهربائي في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحـــاً .
- نُدخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونُحـافظ على ثبوت أحد الملفين نسبة للآخر ، سنلاحظ أن مؤشر الكلفـــــانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر باتجاهين متعـاكسين فقط لحظة إغلاق وفتح المفتـــــاح في دائرة الملف الابتدائي وعلى التعاقب ، مُشيراً الى إنسيـــــاب تيار مُحتث في دائرة الملف الثانوي خلال تلك اللحظتين .

الإستنتـــاج

- تُستحث قوة دافعة كهربائية (ε_{ind}) وينساب تيار محتث (I_{ind}) في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة أو ملف سلكي) فقط عند حصول تغير في الفيض المغنـاطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن (على الرغم من توافر بطارية في تلك الدائرة) .
- تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) وإتجـــاه التيار المحتث (I_{ind}) في الدائرة الكهربائية بإتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها ويكونان بإتجـاه مُعـاكس عند تناقص هذا الفيض .



2016 الدور الأول

سؤال ما الذي يتطلب توافره في دائرة مُقفلة لتوليد :

a تيار كهربائي . b تيار محتث .

الجواب

a يتطلب توافر مصدر للقوة الدافعة الكهربائية تجهزها مثلا بطارية أو مولد في تلك الدائرة .

b يتطلب توافر قوة دافعة كهربائية محتثة والتي تتولد بوساطة تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الحلقة لوحدة الزمن .

سؤال لماذا لا يتولد تيار كهربائي عند وجود ساق مغناطيسية في حالة سكون نسبةً لملف من سلك موصل مربوط بين طرفي أميتر رقمي ؟

الجواب وذلك لأن الفيض المغناطيسي ϕ_B الذي يخترق الملف لا يتغير مع الزمن .

سؤال ماذا يحدث عند دفع ساق مغناطيسية نحو ملف من سلك موصل وبموازاة محوره مربوط بين طرفي أميتر رقمي ؟

الجواب نلاحظ أن الأميتر يُشير الى إنسياب تيار في الدائرة ويكون بإتجاه مُعين ، وذلك بسبب حصول تزايد في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف في أثناء إقتراب المغناطيس من الملف .

القوة الدافعة الكهربائية الحركية

2015 الدور الثالث



سؤال ما المقصود بالقوة الدافعة الكهربائية الحركية ؟

الجواب

القوة الدافعة الكهربائية الحركية // هي فرق الجهد المتولد على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم ، وهي حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسي يُرمز لها بـ ($\mathcal{E}_{mot}$) وتُقاس بوحدة الفولط ($Volt$) .

2013 التمهيدي + 2014 الدور الثاني للنازحين + 2016 التمهيدي

سؤال علام تعتمد القوة الدافعة الكهربائية الحركية (فرق الجهد الكهربائي) على طرفي ساق موصلة تتحرك عمودياً على إتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ؟

الجواب تعتمد على :

1. طول الساق (ℓ) .
2. السرعة التي تتحرك بها الساق (v) .
3. كثافة الفيض المغناطيسي (B) .
4. وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي ، { الزاوية (θ) المحصورة بين متجه السرعة $(\vec{v})$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ } .

عندما تتحرك ساق موصلة طولها (ℓ) بسرعة (v) في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) بحيث تكون الزاوية بين متجه $(\vec{v})$ ومتجه $(\vec{B})$ تساوي (θ) فسوف تتولد على طرفي الساق قوة دافعة كهربائية محتثة حركية (ε_{mot}) تُعطى وفقاً للعلاقة الآتية :

$$\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell\, sin\theta$$

حيث أن : v : سرعة الساق (بوحدة المتر m/s)

B : كثافة الفيض المغناطيسي (بوحدة تسلا T)

ℓ : طول الساق (بوحدة المتر m)

θ : الزاوية المحصورة بين متجه $(\vec{v})$ ومتجه كثافة الفيض $(\vec{B})$

ملاحظات مهمة

- عندما يكون متجه السرعة $(\vec{v})$ عمودياً على متجه كثافة الفيض $(\vec{B})$ ، فإن $(\theta = 90°)$ وبما أن $(sin90 = 1)$ ، فعندئذ سوف تتولد أعظم قوة دافعة كهربائية محتثة حركية وتصبح العلاقة كالتالي : $\varepsilon_{mot} = v\, B\, \ell$
- عندما يكون متجه السرعة $(\vec{v})$ موازياً لمتجه كثافة الفيض $(\vec{B})$ ، فإن $(\theta = 0)$ وبما أن $(sin0 = 0)$ ، وبذلك ستنعدم القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ، أي أن : $(\varepsilon_{mot} = 0)$.
- وعندما يصنع متجه السرعة $(\vec{v})$ زاوية $(90 > \theta > 0)$ مع متجه كثافة الفيض $(\vec{B})$ فسوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة حركية أكبر من الصفر وأقل من مقدارها الأعظم .

نتيجة لحركة الساق الموصلة داخل المجـــال المغناطيسي ، تتأثر الشحنات الموجبة بقوة مغناطيسية تُعطى بالعلاقة التالية :

$$F_{B1} = q\, v\, B \sin\theta$$

وعندمـــا تكون حركة الساق عمودية على الفيض المغناطيسي فإن هذه القوة تُعطى بالعلاقة التالية :

$$F_{B1} = q\, v\, B$$



لو إنعكس إتجـــاه حركة الساق أو إنعكس إتجاه المجال المغناطيسي ، هل تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية الحركية (ε_{mot}) ؟

الجواب: نعم تنعكس قطبية (ε_{mot}) المتولدة على طرفي السّـــاق وذلك بسبب إنعكـــاس إتجـــاه القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنات الساق على وفق قاعدة الكف اليمنى .



التيار المُحتث : هــو التيار الذي يتولد نتيجة حصول تغير في الفيض المغناطيسي ($\Delta\phi_B$) الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

عندما تنزلق ساق موصلة بسرعة (v) على سكة موصلة بشكل حرف (U) وبإتجـــاه عمودي على مجال مغنـــاطيسي منتظم كثـــافة فيضه (B) بحيث تكون المقاومة الكليـــة للدائرة (R) ، فسوف ينســـاب تيـــار محتث (I_{ind}) في هذه الدائرة وفقاً للعلاقة الآتية :

وفقاً لقانون أوم

$$I_{ind} = \frac{v\, B\, \ell}{R} \Rightarrow I_{ind} = \frac{\varepsilon_{mot}}{R}$$

القدرة الضـــائعة (المتبددة) ($P_{dissipated}$) أو القدرة المكتسبة التي ستظهر على شكل حرارة في المقاومة الكلية للدائرة (R) يمكن إيجـــادها وفقاً لما يلي :

$$P_{diss} = \frac{\varepsilon_{mot}^2}{R} \Rightarrow P_{diss} = I_{ind}^2 \cdot R \Rightarrow P_{diss} = I_{ind} \cdot \varepsilon_{mot}$$



نتيجة لإنسياب التيار المحتث (I_{ind}) في الساق بإتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي ، ستظهر قوة مغناطيسية (F_{B2}) تؤثر في هذه الساق تُقاس بوحدة (نيوتن N) وتُعطى بالعلاقة الآتية :

$$F_{B2} = I \, \ell \, B$$

لكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة يتطلب تسليط قوة خارجية (ساحبة) (F_{pull}) تسحب الساق ، وهذه القوة تُساوي القوة المغناطيسية (F_{B2}) في المقدار وتُعاكسه بالإتجاه ، أي أن :

$$F_{pull} = F_{B2} = I \, \ell \, B \quad \Rightarrow \quad F_{pull} = \left(\frac{v\,B\,\ell}{R}\right) \ell \, B = \frac{v\,B^2\,\ell^2}{R}$$

سؤال علام تعتمد القوة المغناطيسية الثانية (F_{B2}) المؤثرة عمودياً على ساق موصلة تتحرك في مجال مغناطيسي وينساب فيها تيار محتث ؟

الجواب تعتمد على :

1. طول الساق (ℓ) .
2. مقدار التيار المنساب في الساق (I) .
3. كثافة الفيض المغناطيسي (B) .

سؤال إشتق علاقة رياضية لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية (ε_{mot}) المتولدة على طرفي ساق موصلة تتحرك عمودياً داخل مجال مغناطيسي ؟

الجواب

بما أن الساق تتحرك عمودياً داخل المجال المغناطيسي ، فإن : $(\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin 90^\circ = 1)$

$$\because \; F_{B1} = q\,v\,B\sin\theta \quad \Rightarrow \quad F_{B1} = q\,v\,B\sin 90^\circ$$

$$\therefore \; F_{B1} = q\,v\,B \;\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\because \; E = \frac{F_E}{q} \Rightarrow \quad F_E = q\,E \;\ldots\ldots\ldots (2)$$

من المعادلتين (1) و (2) نحصل على :

$$F_{B1} = F_E \quad \Rightarrow \quad q\,v\,B = q\,E$$

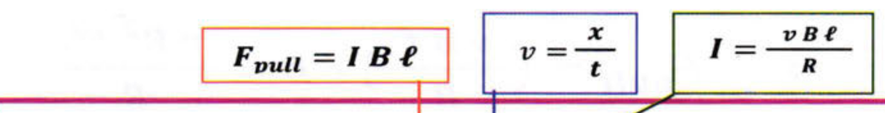
$$\therefore \; E = v\,B \;\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\because \; E = \frac{\Delta V}{\ell} \quad \Rightarrow \quad \Delta V = E\,\ell \;\ldots\ldots\ldots (4)$$

بتعويض المعادلة (3) في المعادلة (4) ، نحصل على :

$$\Delta V = v\,B\,\ell \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{mot} = v\,B\,\ell$$

الحث الكهرومغناطيسي ومبدأ حفظ الطاقة



علل لمـــاذا يُعد الحث الكهرومغناطيسي تطبيقـــاً لقانون حفظ الطاقة ؟

الجواب لأن المعدل الزمني للشغل المُنجز في تحريك الساق الموصلة خلال المجال المغناطيسي يســاوي المعدل الزمني للقدرة المُتبددة في المقاومة الكلية لهذه الدائرة .

سؤال أثبت رياضياً بأن المعدل الزمني للشغل المَنجز لتحريك ساق موصلة خلال مجال مغناطيسي يساوي القدرة المَتبددة في المقــاومة الكلية للدائرة ؟

الجواب

$F_{pull} = I B \ell$, $v = \frac{x}{t}$, $I = \frac{v B \ell}{R}$

$$\because P = \frac{W}{t} = \frac{F_{pull} \cdot x}{t} = F_{pull} \cdot v = I B \ell \cdot v = \frac{v B \ell}{R} B \ell v = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

$$\because P_{dissipated} = I^2 R = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R^2} \cdot R = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

$$\therefore P = P_{dissipated}$$

حيث أن : $P_{dissipated}$: القدرة المتبددة .



مثال 1

أفرض أن ساقاً موصلة طولها ($1.6\ m$) إنزلقت على سكة موصلة بانطلاق ($5\ m/s$) بإتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.8\ T$) وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي ($128\ \Omega$) ، لاحظ الشكل المجاور ، (أهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) واحسب مقدار :

1. القوة الدافعة الكهربائية الحركية المُحتثة .
2. التيار المُحتث في الدائرة .
3. القدرة الكهربائية المُجهزة للمصباح .



1. $\varepsilon_{motional} = v B \ell = 5 \times 0.8 \times 1.6 = 6.4\ V$

2. $I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{6.4}{128} = 0.05\ A$

3. $P_{dissipated} = I^2 R = (0.05)^2 \times 128 = 0.32\ W$



2015 ـــ الدور الأول للنازحين

أفرض أن ساقاً موصلة طولها ($2\ m$) ومقدار السرعة التي يتحرك بها ($2\ m/s$) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها ($0.4\ \Omega$) وكان مقدار التيار المحتث في الحلقة ($7\ A$) ، جد مقدار :

1 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق . 2 كثافة الفيض المغناطيسي .

3 القوة الساحبة للساق . 4 القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .



الفيض المغناطيسي

سؤال مــا هو العامل الأساسي لتوليد قوة دافعة كهربائية مُحتثة في حلقة موصلة أو ملف سلكي موضوع في مجــال مغناطيسي ؟

الجواب حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة أو الملف لوحدة الزمن $(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$.

2013 التمهيدي

سؤال ماذا يحصل إذا تغير الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق حلقة موصلة ؟

الجواب تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة إذا كانت الحلقة مفتوحة .

(أو) يتولد تيار محتث إذا كانت الحلقة مقفلة .

العلاقة بين الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي

لو أن مجــالاً مغناطيسيــاً مُنتظمــاً كثــافة فيضه $(\overrightarrow{B})$ يخترق حلقة موصلة (سلك دائري موصل) ومتجه مساحتها السطحية $(\overrightarrow{A})$ يصنع زاوية حادة قياسها (θ) مع متجه كثــافة الفيض $(\overrightarrow{B})$ ، ففي هذه الحالة يُعطى الفيض المغناطيسي (ϕ_B) الذي يخترق تلك المساحة بالعلاقة الآتية :

$$\phi_B = \overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{A}$$

مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك المساحة يُحسب وفقاً للعلاقة التالية :

$$\phi_B = B\, A \cos\theta$$

مقدار التغير في الفيض المغناطيسي يُحسب وفقاً للعلاقة التالية :

$$\Delta\phi_B = \Delta\,(\,B\,A\cos\theta\,)$$

حيث أن :

ϕ_B : الفيض المغناطيسي ووحدته (ويبر) Weber (wb) .

$\vec{A}$: مُتجه المساحة ، وهو العمود المُقام على مستوي الحلقة .

$\vec{B}$: مُتجه كثافة الفيض المغناطيسي .

A : مساحة الحلقة ، ووحدتها (m^2) .

B : كثافة الفيض المغناطيسي (أو شدة المجال المغناطيسي) ووحدته (تسلا) Tesla (T) .

θ : هي الزاوية المحصورة بين مُتجه المساحة ($\vec{A}$) ومُتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) .

ملاحظات مهمة

1. **إذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) عمودي على مستوي الحلقة عندئذٍ يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة الحلقة بأعظم مقدار ، (في هذه الحالة تكون ($\theta = 0$)) ، وبذلك يكون :**

$$\phi_B = B\,A\cos\theta = B\,A\cos 0 \quad \Rightarrow \quad \phi_B = B\,A \qquad [\cos 0 = 1]$$

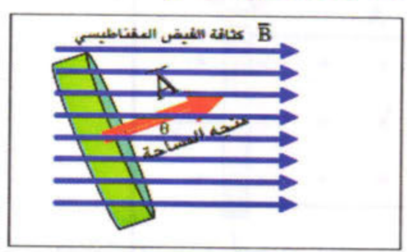
2. **إذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) بموازاة مستوي الحلقة ، ففي هذه الحالة لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة ، لأن : ($\theta = 90°$) ، وبذلك يكون :**

$$\phi_B = B\,A\cos\theta = B\,A\cos 90° \quad \Rightarrow \quad \phi_B = Zero \qquad [\cos 90° = 0]$$

طرق الحصول على
تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة أو ملف سلكي

الطريقة الأولى

تغيير قياس الزاوية (θ) بين مُتجه المساحة ($\vec{A}$) ومُتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) ، مثل دوران ملف نواة المولد الكهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم . لاحظ الأشكال التالية :



الشكل a

1 الشكل (a) يوضح بأن أن متجه المساحة ($\vec{A}$) يصنع زاوية حادة قياسها (θ) مع متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) .



الشكل b

2 الشكل (b) يوضح بأن متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) عمودي على مستوي الحلقة (**أي أن متجه المساحة $\vec{A}$ يوازي متجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$**) .
فتكون الزاوية ($\theta = 0° \Rightarrow cos0° = 1$) بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض $\vec{B}$.

في هذه الحالة **نحصل على أعظم فيض مغناطيسي** يخترق الحلقة .



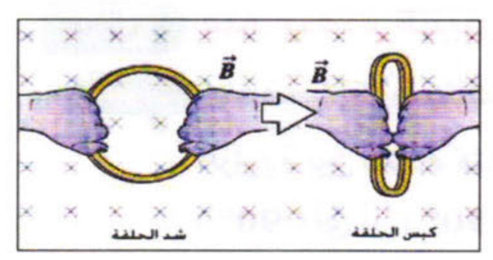
الشكل c

3 الشكل (c) يوضح بأن متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) يوازي مستوي الحلقة (**أي أن متجه المساحة $\vec{A}$ عمودي على متجه كثافة الفيض $\vec{B}$**) .
فتكون الزاوية ($\theta = 90° \Rightarrow cos90° = 0$) بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض $\vec{B}$.

في هذه الحالة ينعدم الفيض المغناطيسي .

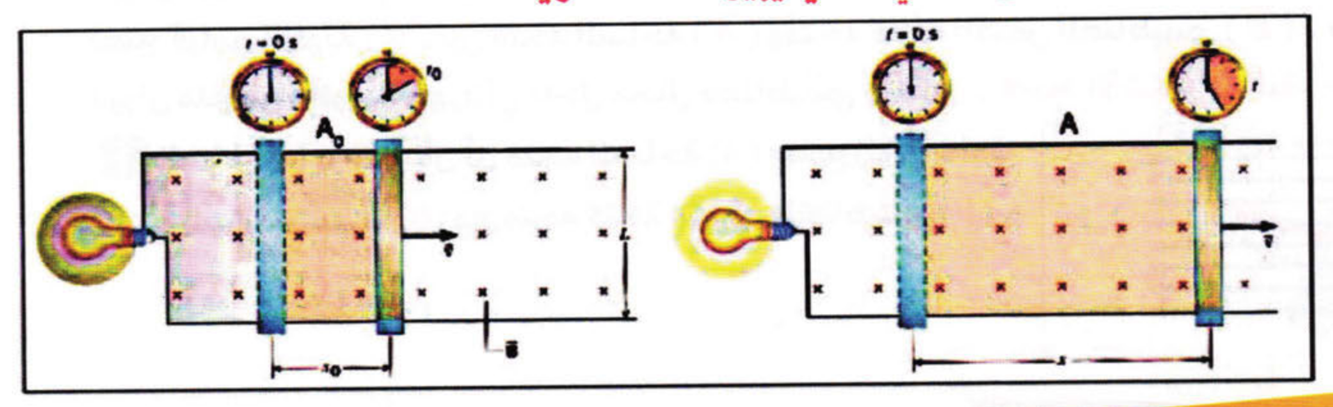
الطريقة الثانية

تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي (ϕ_B) المُنتظم ، ويتم ذلك مثلاً بكبس الحلقة أو شدها من جانبيها المُتقابلين ، فتقل بذلك المساحة (A) . لاحظ الشكل التالي :

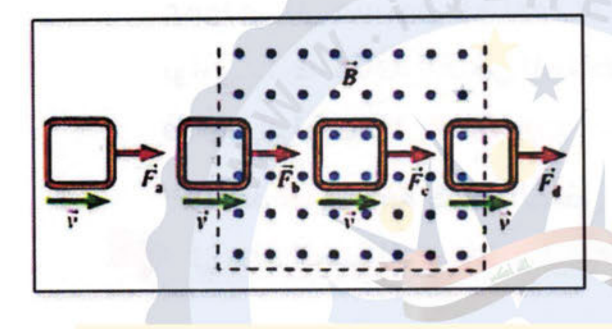


بالإمكان زيادة المساحة وذلك بإزاحة الساق الموضحة في (**الشكل أدناه**) نحو اليمين ، فتتغير المســـاحة من ($A_1 = x_1 L$) الى ($A_2 = x_2 L$) ومنها نجد أن ($\Delta A = A_2 - A_1$) .
وبهذا فإن التغير في الفيض المغناطيسي في هذه الحالة يُعطى بالعلاقة الآتية :

لاحظ الشكل التالي الذي يُبين هذه الطريقة :



الطريقة الثالثة



بتحريك الحلقة الموصلـــة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي مُنتظم ، مثل دفع الحلقة لإدخالها في مجال مغناطيسي مُنتظم أو سحبها لإخراجها منه (كمـــا في الشكل المجـــاور) ، فينتج تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لوحدة الزمن في أثناء دخول الحلقة في المجال المغناطيسي أو في أثناء خروجها منه .

سؤال متى يكون الفيض المغناطـيسي الذي يخترق حلقة موصلة أكبر ما يُمكن ؟

الجواب عندمـــا تكون كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) عمودي على مستوي الحلقة ، أي أن الزاوية بين مُتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) ومُتجه المســـاحة ($\vec{A}$) تســـاوي صفر ($\theta = 0°$) حيث أن ($\cos 0° = 1$) .
لذلك تكون : ($\Phi_B = B\,A$) أكبر ما يُمكن .

سؤال متى ينعدم الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة ؟

الجواب عندمـــا تكون كثافة الفيض المغناطـيسي ($\vec{B}$) موازية الى مستوي الحلقة ، أي أن الزاوية بين مُتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) ومُتجه المساحة ($\vec{A}$) تُســـاوي ($90°$) أي أن ($\theta = 90°$) حيث أن ($\cos 90° = 0$) ، لذلك تكون : ($\Phi_B = 0$) .





حلقة دائرية موصلة قطرها ($0.4\ m$) وضعت داخل مجـال مغناطـيسي كثافة فيضه ($0.5\ T$) ويتجه باتجاه موازٍ لمتجه مساحة الحلقة $\vec{A}$.

1. إحسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .
2. ما مقدار الفيض المغناطيسي ، على فرض أن الحلقة دارت بإتجاه مُعـاكس لدوران عقارب الساعة لحين صار متجه المساحة $\vec{A}$ يصنع زاوية ($\theta = 45°$) مع إتجـاه كثافة الفيض $\vec{B}$.



نحسب أولاً مساحة الحلقة :

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.2)^2 = 12.56 \times 10^{-2}\ m^2$$

1. $\phi_B = B\,A = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2}\ Weber$
2. $\phi_B = B\,A\cos\theta = B\,A\cos 45°$
   $= 6.28 \times 10^{-2} \times 0.707 = 4.44 \times 10^{-2}\ Weber$





أذكر نص قانون فرداي مع ذكر العلاقة الرياضية ؟

الجواب ((مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) في حلقة موصلة يتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغنـــــــاطيسي الذي يخترق الحلقة))

والصيغة الرياضية لقانون فراداي هي :

للحلقة الموصلة 

$$\mathcal{E}_{ind} = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

للملف السلكي

$$\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

حيث أن :

$\mathcal{E}_{ind}$: القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ، تقاس بوحدة فولط (V)

N : عدد لفات الملف (للحلقة : $N = 1$)

$\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي ، يقاس بوحدة (ويبر/ثانية Web/s)

$\Delta\phi_B$: التغير في الفيض المغناطيسي ، يُقاس بوحدة (Web)

حيث أن : $\Delta\phi_B = \phi_{B2} - \phi_{B1}$

الإشـــارة السالبة في قانون فراداي وُضعت وفقاً لقانون لنز للدلالة على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المُحتثة ، وهذه القطبية تُحدد الإتجاه الذي ينساب فيه التيار المُحتث في الحلقة أو الملف

« نستنتـــج من قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي بأنه تنشـأ قوة دافعة كهربائية مُحتثة في حلقة موصلة أو ملف سلكي فقط عندما يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة الموصلة أو الملف لوحدة الزمن .

« عند ربط طرفي الملف الى دائرة خارجيـة مُقفلة مقاومتهـا الكلية (R) فسوف ينساب تيـار في هذه الدائرة يُدعى بالتيار المُحتث (I_{ind}) يُعطى بالعلاقة الآتية :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$$

سؤال علام تدل الإشارة السالبة في قانون فرداي في الحث الكهرومغناطيسي ؟

الجواب تدل على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة .

سؤال علام تعتمد قطبية القوة الدافعة الكهربـــائية المحتثة ؟

الجواب تعتمد على الفيض المغناطيسي فيما إذا كان متزايداً أو متناقصاً .

ملاحظات مهمة

1. « عند تزايد (نمو) الفيض فــإن ($\phi_{B2} > \phi_{B1}$) ، لذلك يكون ($\Delta\phi_B$) موجباً .
   « عند تناقص (تلاشي) الفيض فإن ($\phi_{B2} < \phi_{B1}$) ، لذلك يكون ($\Delta\phi_B$) سـالبا .
2. « عند تزايد (نمو) كثافة الفيض فــإن ($B_2 > B_1$) ، لذلك يكون (ΔB) موجبا .
   « عند تناقص (تلاشي) كثافة الفيض فإن ($B_2 < B_1$) ، لذلك يكون (ΔB) سالباً .
3. « عند زيادة مســاحة الملف أو الحلقة فــإن ($A_2 > A_1$) ، لذلك يكون (ΔA) موجباً .
   « عند تناقص مســاحة الملف أو الحلقة فإن ($A_2 < A_1$) ، لذلك يكون (ΔA) سـالباً .
4. قطبية (ε_{ind}) تكون : ← موجبة عند تناقص (تلاشي) الفيض أو كثافة الفيض أو تناقص المســاحة .
   ← سالبة عند تزايد (نمو) الفيض أو كثـــافة الفيض أو تزايد المســاحة .
5. يكون الفيض المغناطـــــيسي في مقداره الأعظم عندمـــا يكون مستوي الحلقة الموصلـة أو الملف عمودياً على المجال المغناطـــيسي ، وينعدم الفيض المغناطيسي ($\Delta\phi_B = 0$) عندمـــا يصبح مستوي الحلقة أو الملف موازياً للمجال المغناطـــيسي ، أي عندما يدور الملف رُبع دورة أو ($\theta = 90°$) أو ($\frac{\pi}{2}\ rad$) .
6. عندمـــا تدور الحلقة أو الملف من الوضع الذي يكون مستواهـــا عمودي على المجال الى الوضع الذي يكون مستواهـــا موازيا للمجال (أي عندمـــا تدور الحلقة أو الملف رُبع دورة) ، يتلاشى الفيض المغناطـــيسي في هذه الحالـة (ينعدم الفيض المغناطيسي) .
7. عندمـــا تدور الحلقة أو الملف نصف دورة أو ($180°$) أو ($2\pi\ rad$) ، (أي عند قلب الحلقة أو الملف)، فإنه يخترقها نفس الفيض المغناطيسي ولكن بإتجاه مُعاكس ($\phi_{B2} = -\phi_{B1}$) .





مثال 3 2014 - الدور الثاني

ملف يتألف من (50) لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة ($20\ cm^2$) ، فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من ($0.0\ T$) الى ($0.8\ T$) خلال زمن ($0.4\ s$) إحسب :

1. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .
2. مقدار التيار المنساب في الدائرة إذا كان الملف مربوط بين طرفي كلفانوميتر والمقاومة الكلية في الدائرة ($80\ \Omega$) .



الحل

(1)
$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

$$\because\ \Delta\phi_B = A \cdot \Delta B \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{ind} = -N\frac{A\ .\ \Delta B}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{ind} = -50 \times \frac{20\times10^{-4}\times(0.8-0.0)}{0.4} = -0.2\ V$$

((الاشارة السالبة تدل على أن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس المسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي على وفق قانون لنز))

(2)
$$I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.2}{80} = 2.5\times10^{-3}\ A$$



إختبر نفسك

ملف مساحة مقطعه العرضي ($30\ cm^2$) وعدد لفاته (800 لفة) وضع بحيث كان مستواه عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم ، فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي من ($0.1\ T$) الى ($0.9\ T$) في زمن قدره ($0.2\ s$) وكانت مقاومة هذا الملف ($5\ \Omega$) ، إحسب شدة التيار المحتث المار في الملف .



قانون لنز

قانون لنز // التيار المُحتث في دائرة كهربائية مُقفلة يمتلك إتجاهاً بحيث أن مجاله المغناطيسي المُحتث يكون مُعاكساً بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولّد هذا التيار .

2013 الدور الثالث + 2014 التمهيدي + 2014 الدور الاول للنازحين + 2015 الدور الثاني

سؤال ما الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز ؟

الجواب
1. لتحديد إتجاه التيار المُحتث في دائرة كهربائية مُقفلة .
2. يُعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة .

سؤال كيف يمكن للتيار المحتث أن يولد مجالاً مغناطيسياً مُحتثاً يُعاكس بتأثيره للمسبب الذي ولده ؟

الجواب بتحريك ساق مغناطيسية بالقرب من وجه حلقة موصلة مقفلة وبموازاة محورها العمودي على وجهيها والمار من مركزها .

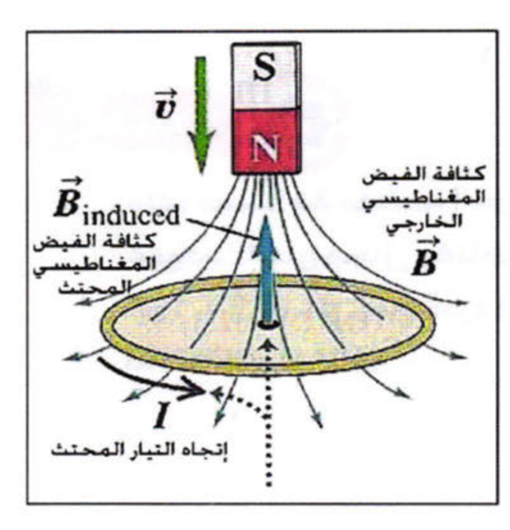
سؤال كيف يمكن تعيين إتجاه التيار المُحتث لملف أو حلقة مغلقة يخترقها مجال مغناطيسي ؟

الجواب يمكن ذلك بتطبيق قاعدة الكف اليُمنى ، (عند وضع الإبهام بإتجاه المجال المغناطيسي فإن لفة الأصابع الأربعة تشير الى إتجاه التيار) .

سؤال ماذا يحصل عند تقريب قطب شمالي من أحد وجهي حلقة موصلة مُقفلة وبموازاة محورها العمودي على وجهيها والمار من مركزها ؟



الجواب



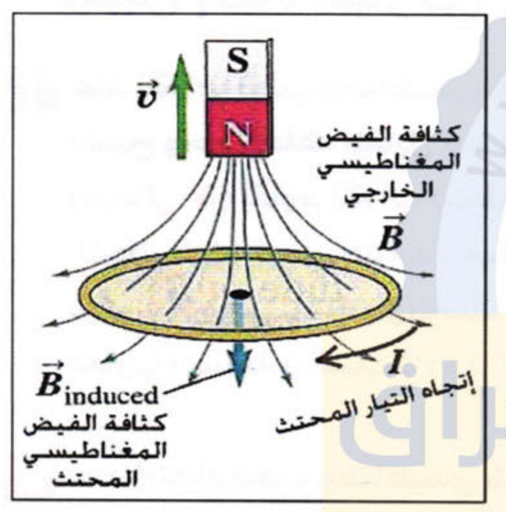
يزداد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta\Phi B}{\Delta t} > 0$) فيزداد مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$) ويكون إتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر نحو الأسفل ، لذا يكون إتجاه التيار المُحتث مُعاكساً لإتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف) فيولد مجالاً مغناطيسياً مُحتثاً ($\vec{B}_{ind}$) إتجاهه نحو الأعلى مُعاكساً لإتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول أن يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المُحتث ، فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي N قطباً شمالياً N فيتنافر مع القطب الشمالي المُقترب منه (على وفق قانون لنز) .





سؤال ماذا يحصل عند إبعاد قطب شمالي من أحد وجهي حلقة موصلة مُقفلة وبموازاة محورها العمودي على وجهيها والمار من مركزها ؟

الجواب



يتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta\Phi B}{\Delta t} < 0$) فيتناقص مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta B}{\Delta t} < 0$) ويكون إتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر نحو الأسفل ، لذا يكون إتجاه التيار المُحتث مع إتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف) فيولد مجالاً مغناطيسياً مُحتثاً ($\vec{B}_{ind}$) إتجاهه نحو الأسفل بإتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول أن يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المُحتث ، فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي N قطباً جنوبياً S فيتجاذب مع القطب الشمالي المُبتعد عنه (على وفق قانون لنز) .


فكر

- أفرض أن ساقاً مغناطيسية سقطت سقوطاً حراً نحو الأسفل وهي بوضع شاقولي ، وتحتها حلقة واسعة من النحاس مقفلة ومثبتة أفقياً ، (بإهمال مقاومة الهواء) ، لاحظ الشكل التالي :

1 أتسقط هذه الساق بتعجيل يساوي تعجيل الجاذبية الأرضية ؟ أم أكبر منه ؟ أم أصغر ؟

2 عين إتجاه القوة المغناطيسية التي تؤثر فيها الحلقة على الساق في أثناء إقتراب الساق من الحلقة .

الجواب //

1 تسقط الساق بتعجيل أقل من تعجيل الجاذبية الأرضية .

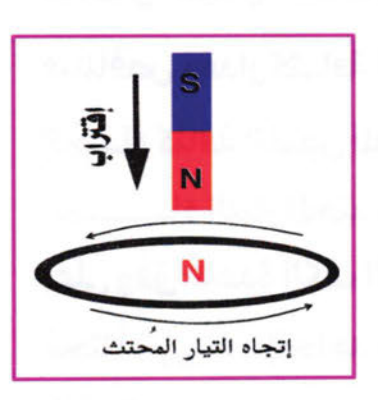
السبب/ نتيجة لتولد قطب مغناطيسي شمالي محتث في وجه الحلقة في أثناء اقتراب القطب الشمالي منها ، لذا تتأثر الساق بقوة تنافر تعرقل حركتها (على وفق قانون لنز) فيقل تعجيلها .

2 يكون إتجاه القوة التي تؤثر فيها الحلقة على الساق نحو الأعلى (قوة معرقلة للسبب الذي ولّد التيار المحتث) (على وفق قانون لنز) .



مُلخص قانون لنز

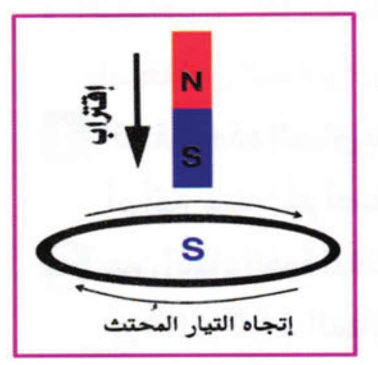
تعيين إتجاه التيار في حلقة موصلة مُغلقة



1 عند إقتراب قطب مغناطيسي شمالي من وجه الحلقة (لاحظ الشكل) يصبح وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي قطب مغناطيسي مشابه (شمالي N) يُقاوم إقتراب القطب المغناطيسي ، أي يعمل على إضعاف المجال المغناطيسي المتُزايد (حسب قانون لنز)
فيكون إتجاه التيار المُحتث في وجه الحلقة بإتجاه مُعاكس لدوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكف اليُمنى) .



2 عند إبتعاد قطب مغناطيسي شمالي عن وجه الحلقة (لاحظ الشكل) يصبح وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي قطب مغناطيسي مُخالف (جنوبي S) لكي يُقاوم إبتعاد القطب المغناطيسي ، أي يعمل على تقوية المجال المغناطيسي الخارجي المتُناقص (حسب قانون لنز)
فيكون إتجاه التيار المُحتث في وجه الحلقة بإتجاه دوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكلف اليُمنى) .



3 عند إقتراب قطب مغناطيسي جنوبي من وجه الحلقة (لاحظ الشكل) يصبح وجه الحلقة المُقابل للقطب الجنوبي قطب مغناطيسي مُشابه (جنوبي S) لكي يُقاوم إقتراب القطب المغناطيسي ، أي يعمل على إضعاف المجال المغناطيسي الخارجي المتُزايد (حسب قانون لنز)
فيكون إتجاه التيار المُحتث في وجه الحلقة بإتجاه دوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكف اليُمنى) .



4 عند إبتعاد قطب مغناطيسي جنوبي عن وجه الحلقة (لاحظ الشكل) يصبح وجه الحلقة المُقابل للقطب الجنوبي قطب مغناطيسي مُخالف (شمالي N) لكي يُقاوم إبتعاد القطب المغناطيسي ، أي يعمل على تقوية المجال المغناطيسي الخارجي المتُناقص (حسب قانون لنز)
فيكون إتجاه التيار المُحتث بإتجاه مُعاكس لدوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكف اليُمنى) .

المختصر المفيد

- كل إقتراب بين القطب المغناطيسي والحلقة يتولد قُطب مُشابه على وجه الحلقة لكي تتولد قوة تنافر تُعرقل عملية الإقتراب (حسب قانون لنز) .
- كل إبتعاد بين القطب المغناطيسي والحلقة يتولد قُطب مُخالف على وجه الحلقة لكي تتولد قوة تجاذب تُعرقل عملية الإبتعاد (حسب قانون لنز) .

ملاحظات مهمة

» عندما يكون المغناطيس والحلقة ساكنان أو كليهما يتحركان بسرعة واحدة وبإتجاه واحد ، فلا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي ولا يتولد تيار مُحتث ولا تتولد قوة دافعة كهربائية مُحتثة (ε_{ind}) .

» عندما تكون الحلقة مفتوحة فإن أي إقتراب أو إبتعاد بين القطب المغناطيسي والحلقة المفتوحة لا يولد قطب مغناطيسي على وجهي الحلقة ، وذلك لعدم تولد تيار مُحتث على الرُغم من تولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ε_{ind}) على طرفي الحلقة .

سؤال لماذا يُعد قانون لنز تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة ؟

الجواب لأنه في حالتي إقتراب المغناطيس أو إبتعاده نسبة الى الحلقة الموصلة المُقفلة يتطلب إنجاز شغل ميكانيكي للتغلب إما على قوة التنافر (**في حالة الإقتراب**) أو قوة التجاذب (**في حالة الإبتعاد**) ويتحول هذا الشغل المُنجز الى نوع آخر من الطاقة في الحمل .





الحث الذاتي

ظاهرة الحث الذاتي // عملية توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المُنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه .

ولحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ($\mathcal{E}_{ind}$) :

نفرض إنسياب تيار كهربائي مستمر (I) في الملف ، فإن ذلك يُسبب فيضاً مغناطيسياً مقداره (ϕ_B) يخترق كل لفة من لفات الملف ويتناسب طردياً مع مقدار التيار ، أي أن :

$$N\,\phi_B \propto I \quad \Rightarrow \quad N\,\phi_B = L\,I$$

حيث أن : L هو ثابت التناسب ويُمثل مُعامل الحث الذاتي للملف .

- إذا تغير التيار بمعدل زمني ($\Delta I/\Delta t$) ، فإن الفيض المغناطيسي المتولد يتغير بمعدل زمني ($\Delta\phi_B/\Delta t$) فيكون :

$$N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad N\,\Delta\phi_B = L\,\Delta I$$

- بما أن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) في الملف يتناسب مقدارها طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$) على وفق قانون فرداي في الحث الكهرومغناطيسي ، فتكون :

معامل الحث الذاتي (L) : هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف الى المعدل الزمني لتغير التيار في الملف نفسه . ويُعطى بالعلاقة الآتية :

$$L = -\frac{\mathcal{E}_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

- وحدة قياس معامل الحث الذاتي (L) هي الهنري (*Henry*) وتُختصر (H) . (يكون موجب دائماً) وهناك أجزاء للهنري مثل الملي هنري ($mH = 10^{-3}\ H$) والمايكرو هنري ($\mu H = 10^{-6}\ H$) .

الهنري : هو وحدة قياس مُعامل الحث الذاتي لملف إذا تغير فيه بمُعدل أمبير لكل ثانية تتولد قوة دافعة كهربائية مُحتثة على طرفيه مقدارها فولط واحد .

سؤال علام يعتمد (يتوقف) معامل الحث الذاتي لملف ؟ **2013 الدور الثالث**

الجواب
1 عدد لفات الملف .
2 حجم الملف .
3 الشكل الهندسي للملف .
4 النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف .

ملاحظات مهمة

- المعدل الزمني لتغير التيار $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ يكون :
  - موجب عند نمــو التيار (تزايــد التيار) (عند غلق مفتاح الدائرة) ، لأن ($I_2 > I_1$)
  - سالب عند تلاشي التيار (تناقص التيار) (عند فتح مفتاح الدائرة) ، لأن ($I_2 < I_1$)
- ε_{ind} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ، ويكون مقدارها سالب عند النمو وموجب عند التلاشي ، لأنها تُعاكس المعدل الزمني لتغير التيار الذي سبب تولدها وفقاً لقانون لنز .
- عندما ينعكس إتجــاه التيار ، فإن تيار الحالة الثانية (I_2) يساوي تيار الحالة الأولى (I_1) مقداراً ويُعاكسه إتجاهاً (يصبح سالب) ، أي أن : $I_2 = -I_1$

المعادلة العامة للدائرة الحثية

$$V_{app} = V_{net} + \varepsilon_{ind}$$

بالتعويض عن صـــافي الفولطية (V_{net}) من قانون أوم حيث أن : ($V_{net} = I_{ins} . R$)
والتعويض عن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الآنية (ε_{ind}) من إحدى العلاقتين الآتيتين :

$$\varepsilon_{ind} = N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad or \quad \varepsilon_{ind} = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

نحصل على :

$$V_{app} = I_{ins} . R + N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad V_{app} = I_{ins} . R + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث أن :

V_{app} : الفولطية الموضوعة (المطبقة) على الملف .
V_{net} : صافي الفولطية في الدائرة .
ε_{ind} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .
I_{ins} : التيار الآني (اللحظي) المنساب في الدائرة (التيار المنساب في أية لحظة) .
R : مقاومة الملف .

ملاحظات مهمة

1. لحظة غلق الدائرة يكون ($I_{ins} = 0$) ، ويكون المعدل الزمني لتغير التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) أعظم ما يمكن لذلك تصبح المعادلة :

$$V_{app} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad or \quad V_{app} = N\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

2. بعد غلق الدائرة بلحظة معينة فإن ($I_{ins} > 0$) ، وإن ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) يقل مقداره ، وكذلك ($\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$) يقل مقداره أيضا ، لذلك تُطبق معادلة الدائرة الحثية كاملة :

$$V_{app} = I_{ins} . R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad or \quad V_{app} = I_{ins} . R + N\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

3. عند وصول التيار الى المقدار الثابت ($I = constant$) فـــإن ($I_{const} > 0$) ، ويكون ($\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$) وكذلك ($\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = 0$) ، لذلك تصبح المعادلة :

$$V_{applid} = I_{const} . R \quad \Rightarrow \quad I_{const} = \frac{V_{app}}{R}$$



سؤال لمـــاذا يكون زمن تنـامي التيار من الصفر الى مقداره الثابت كبيراً في الملف ؟

الجواب بسبب خـاصية الحث الذاتي للملف وتولد قوة دافعة كهربـائية محتثة ذاتية بقطبية مُعـــاكسة للفولطية الموضوعة (المُطبقة) على الملف ، فهي تُعرقل التزايد في التيار .

سؤال لمـــــاذا يكون زمن تلاشـي التيار من المقدار الأعظم الى الصفر قصيراً ؟

الجواب وذلك بسبب تولد قوة دافعـــة كهربائيـــة مُحتثـــة ذاتية (ε_{ind}) على طرفي الملف بالقطبية نفسها للفولطية الموضوعة (المُطبقة) على الملف ، فتزيد سرعة تلاشي التيار وكذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جُزئي المفتاح تجعل مقـاومة الدائرة كبيرة جداً .



سؤال أكتب العلاقة الرياضيـــة التي تعطى فيه الفولطيـــة في دائرة تيار مستمر تحتوي ملفاً وبطارية ومفتاحاً في الحالات الآتية :

1. عند إنسياب تيـــار متزايد المقدار في الملف .
2. عند إنسياب تيار متناقص المقدار في الملف .

الجواب

1. عند إنسياب تيـــار متزايد $\quad V_{net} = V_{app} - \varepsilon_{ind}$
2. عند إنسياب تيار متناقص $\quad V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{ins} . R$

الطاقة المختزنة في المحث

إن الطاقة المُختزنة في المجال المغناطيسي للمحث تكون بشكل طاقة مغناطيسية ، وهذه الطاقة تتناسب طرديا مع مربع التيار الثابت (I) .

ويُمكن حساب الطاقة المُختزنة في المجال المغناطيسي للمحث بتطبيق العلاقة الآتية :

$$PE = \frac{1}{2} L I^2$$

حيث أن :

PE : الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث ، وتقاس بوحدة الجول (J)

L : معامل الحث الذاتي للمحث .

I : التيار المنساب في الحث .

يُعتبر المِحث ملف مُهمل المقاومة ، أي أن مُقاومته صفر ، وهذا يعني أن المحث لا يتسبب في ضياع الطاقة .

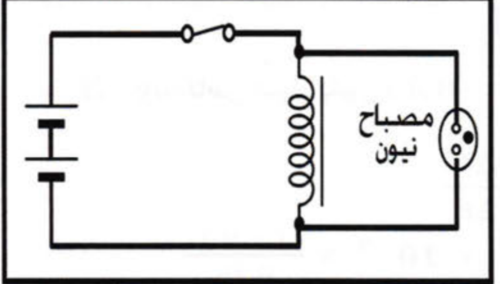
نشاط 2.

إشرح نشاطاً يوضح تولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية على طرفي ملف ؟



بطارية ذات فولطية ($9\ V$) ، مفتاح ، ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع ، مصباح نيون يحتاج ($80\ V$) ليتوهج .





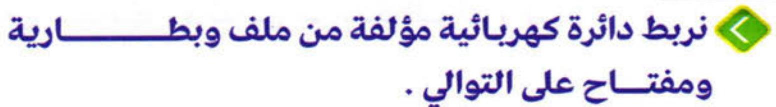
- نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض .
- نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف . (لاحظ الشكل) .
- نغلق دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح ، لا نلاحظ توهج المصباح .
- نفتح دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح ، نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن ، على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة .

الإستنتاج

أولاً عدم توهج مصباح النيون لحظة إغلاق المفتاح كان بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه ، وذلك لأن نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت يكون بطيئاً نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تُعرقل المُسبب لها على وفق قانون لنز .

ثانياً توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه .

وتفسير ذلك هو : نتيجة التلاشي السريع للتيار خلال الملف تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار ، فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يُجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه .



سؤال: إشرح تجربة توضّح ظاهرة الحث الذاتي ؟

- نربط دائرة كهربائية مؤلفة من ملف وبطارية ومفتاح على التوالي .
- لحظة إغلاق المفتاح يتزايد التيار المار في الملف من الصفر الى مقداره الثابت .
- إن التغير في التيار المار في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف نفسه .
- التغير في الفيض المغناطيسي بدوره يولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية (ε_{ind}) على طرفي الملف تُقاوم التغير بالتيار المُنساب في الملف نفسه والمسبب في توليدها (**وفقاً لقانون لنز**) وتُسمى هذه الظاهرة بـ (**ظاهرة الحث الذاتي**) .



مثال 4 2014 الدور الأول للنازحين + 2014 الدور الثاني + 2016 التمهيدي + 2017 التمهيدي

ملف معامل حثه الذاتي ($2.5\ mH$) وعدد لفاته (500) لفة ، ينساب فيه تيار مستمر ($4\ A$) ، إحسب

1. مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .
2. الطاقة المُختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس اتجاه التيار خلال ($0.25\ s$) .

1

$$N\,\phi_B = L\,I$$
$$500 \times \phi_B = 2.5 \times 10^{-3} \times 4$$
$$\phi_B = \frac{10^{-2}}{500} = 0.2 \times 10^{-4}$$
$$= 2 \times 10^{-5}\ Web$$

2

$$PE = \frac{1}{2} L I^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-3} \times (4)^2$$
$$PE = 0.02\ J$$

3 بإنعكاس التيار يكون ($\Delta I = -8\ A$) ، أي أن :

$$I_2 = -I_1$$
$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$
$$= -2.5 \times 10^{-3} \times \frac{(-8)}{0.25}$$
$$= 0.08\ V$$



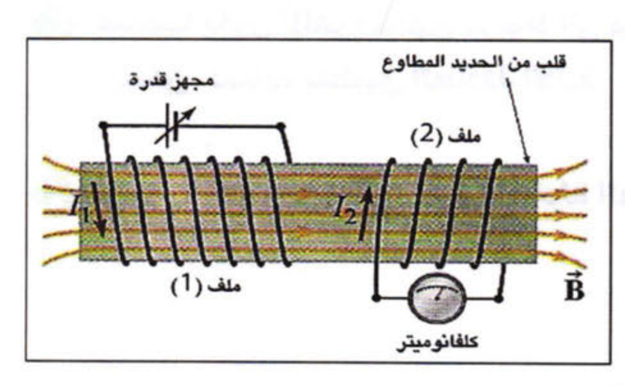
(2014) الدور الثاني

ملف معامل حثه الذاتي ($2.5\ mH$) وعدد لفاته (500) لفة ينساب فيه تيار مستمر ($4\ A$) إحسب :

1. مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .
2. الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال ($0.2\ s$) .



ظاهرة الحث المتبادل // هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية مُحتثة في ملف نتيجة لتغير التيار لوحدة الزمن في ملف آخر يُجاوره أو يُحيط به .



ولتوضيح ذلك : نفرض وجود ملفين سلكيين متجاورين (لاحظ الشكل) فالتيار المُنساب في الملف الإبتدائي (الملف 1) يولد مجالاً مغناطيسياً ($\vec{B}$) وفيضه المغناطيسي ($\vec{\phi}_{B1}$) يخترق الملف الثانوي (الملف 2) فإذا تغير التيار المُنساب في الملف الإبتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعاً لذلك الفيض المغناطيسي ($\vec{\phi}_{B2}$) الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن ، وعلى وفق قانون فرداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ($\varepsilon_{ind(2)}$) على طرفي الملف الثانوي ذو عدد اللفات (N_2) :

$$\varepsilon_{ind(2)} = -N_2 \frac{\Delta\phi_{B(2)}}{\Delta t}$$

حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي

نتيجة لتغير التيار في الملف الابتدائي لوحدة الزمن تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي تعاكس المسبب الذي ولدها طبقا لقانون لنز (أي تعاكس التغير بالتيار لوحدة الزمن) .

ويمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي بتطبيق العلاقة الآتية :

$$\varepsilon_{ind\,(2)} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

حيث أن :

$\varepsilon_{ind\,(2)}$: القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي . (بوحدة الفولط V)

M : معامل الحث المتبادل بين الملفين .

وحدة قياسه هي نفس وحدة قياس معامل الحث الذاتي (L)

وهي الهنري (H) وهو مقدار موجب دائما .

$\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$: المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الإبتدائي . (بوحدات A/s)

ملاحظات مهمة

» $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ يكون :
- موجب عند زيادة (نمو) التيار ، لأن ($I_2 > I_1$)
- سالب عند تناقص (تلاشي) التيار ، لأن ($I_2 < I_1$)

» $\varepsilon_{ind\,(2)}$ تكون سالبة عند النمو وموجبة عند التلاشي ، لأنها تُعاكس المُسبب الذي ولدها وفقاً لقانون لنز

- عندمـا يكون الملف الثانوي مربوط الى مقاومة خارجية (R) يتولد فيه تيار مُحتث آني (لحظي) يُمكن حسابه بتطبيق العلاقة الآتية :

$$I_2 = \frac{\varepsilon_{ind2}}{R_2}$$

- في دائرة الملف الابتدائي نُطبق المعادلة العامة للدوائر الحثية وهي :

$$V_{app} = I_{ins} R_1 + \varepsilon_{ind\,(1)}$$

$$\varepsilon_{ind(1)} = L\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad or \quad \varepsilon_{ind(1)} = N\frac{\Delta \Phi_{B1}}{\Delta t}$$

ملاحظات مهمة

1. إن الفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف الثانوي يتناسب طردياً مع التيار المنساب في الملف الإبتدائي ، والعلاقة بين الفيض المغنـــاطيسي في الملف الثانوي وتيار الملف الابتدائي هي :

$$N_2\, \phi_{B(2)} = M\, I_1$$

2. عندمـــا يتغير التيار المُنساب في الملف الإبتدائي يتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي والعلاقة بين تغير التيار وتغير الفيض المغناطيسي هي :

$$N_2\, \Delta\phi_{B(2)} = M\, \Delta I_1$$

3. عندمـــا يكون بين الملفين قلب مغلق يحصل بينهما إقتران تـــام ، لذلك فإن مُعامل الحث المتبادل بينهمـــا يُحسب بتطبيق العلاقة الآتية :

$$M = \sqrt{L_1 \times L_2}$$





معامل الحث المتبادل بين ملفين : هو النسبة بين القوة الدافعــة الكهربائية المحتثة في ملف الى المعدل الزمني لتغير التيار في ملف آخر مجاور له أو محيط به

سؤال مــــا العوامل التي يعتمد عليها مُعامل الحث المُتبادل بين ملفين جوفهما هواء ؟

الجواب يعتمد على :

1. ثوابت الملفين (L_1 , L_2) أي (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفوذية المغنـــــــاطيسية للمادة في جوف كل ملف).
2. وضعية كل ملف .
3. الفاصلة بين الملفين .

2015 الدور الثاني

سؤال علام يتوقف مُعــامل الحث المُتبادل بين ملفين بينهمــا قلب مغلق من الحديد المُطــــاوع ؟

الجواب يعتمد على ثوابت الملفين (L_1 , L_2) .

2014 الدور الثاني

مــــاذا يحصل ؟ ولمــاذا ؟ لو تغير التيار المُنساب في أحد ملفين مُتجــاورين ؟

الجواب تتولد قوة دافعــة كهربائيــة محتثة في الملف الآخر ، لأنه وفق ظــاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجـــاورين فإذا تغير التيار المنساب في الملف الإبتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعاً لذلك الفيض ($\phi_{B(2)}$) الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن وعلى وفق قـانون فرداي في الحث الكهرومغناطـيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي .

سؤال مــــا هو أســـاس عمل جهــاز التحفيز المغنـــــاطيسي خلال الدمــاغ ؟

الجواب أســـاس عمله هو الحث المتبادل .

سؤال كيف يعمل جهـــاز التحفيز المغنـــاطيسي خلال الدمـــاغ ؟

الجواب وذلك بتسليط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يُمسك على منطقة دماغ المريض ،فالمجـــال المغناطيسي المتغير والمتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولداً قوة دافعة كهربائية محتثة فيه ، وهذه بدورها تولد تيارا محتثا يُشوش الدوائر الكهربائية في الدمــــاغ ، وبهذه الطريقة تُعالج بعض الأمراض النفسية مثل الكآبة .





مثال 5

ملفان مُتجاوران ملفوفين حول حلقة مُقفلة من الحديد المُطـاوع ، رُبط بين طرفي الملف الإبتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها ($100\ V$) ومفتـاح على التوالي ، فإذا كان مُعامل الحث الذاتي للملف الابتدائي ($0.5\ H$) ومقـاومته ($20\ \Omega$) ، إحسب مقدار :

1. المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الإبتدائي لحظة إغلاق الدائرة .
2. مُعامل الحث المتُبادل بين الملفين إذا تولدت قوة دافعة كهربائية مُحتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها ($40\ V$) لحظة إغلاق المفتـاح في دائرة الملف الإبتدائي .
3. التيار المنسـاب في دائرة الملف الإبتدائي بعد إغلاق الدائرة .
4. مُعـامل الحث الذاتي للملف الثانوي .

الحل

1

$$V_{app} = L\frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{inst}\,R$$

بما أنه لحظة إغلاق الدائرة يكون ($I_{inst} = 0$) ، فيكون :

$$100 = 0.5 \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = 200\ ^{A}/_{s}$$

2

$$\varepsilon_{ind\,(2)} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

بما أن التيار في دائرة الملف الابتدائي يكون مُتزايداً $[\Delta I/\Delta t > 0]$

لحظة إغلاق المفتاح فإن (ε_{ind}) تكون بإشارة سالبة :

$$-40 = -M \times 200 \quad \Rightarrow \quad M = \frac{-40}{-200} = 0.2\ H$$

3

$$I_{const} = \frac{V_{applide}}{R} = \frac{100}{20} = 5\ A$$

4

$$M = \sqrt{L_1 \times L_2} \quad \Rightarrow \quad 0.2 = \sqrt{0.5 \times L_2}$$

وبتربيع طرفي المعادلة :

$$0.04 = 0.5 \times L_2 \quad \Rightarrow \quad L_2 = \frac{0.04}{0.5} = 0.08\ H$$





ملفان مُتجاوران ملفوفين حول حلقة مُقفلة من الحديد المُطاوع ، رُبط بين طرفي الملف الإبتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها ($80\ V$) ومفتاح على التوالي ، فإذا كان مُعامل الحث الذاتي للملف الابتدائي ($0.4\ H$) ومقاومته ($16\ \Omega$) ، إحسب مقدار :

1. المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة إغلاق الدائرة .
2. معامل الحث المتبادل بين الملفين إذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها ($50\ V$) لحظة إغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي .
3. التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الإبتدائي بعد إغلاق الدائرة .



سؤال ما سبب حركة الشحنات في الموصلات ؟

الجواب سبب حركتها المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية .

سؤال ما سبب حركة الشحنات الكهربائية داخل حلقة موصلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار ؟

الجواب سبب الحركة هو تولد مجال كهربائي محتث يؤثر في هذه الشحنات الكهربائية بإتجاهات مماسية دائما .

سؤال لماذا يتولد مجال كهربائي محتث يؤثر في حلقة موصلة ساكنة يخترقها فيض مغناطيسي متزايد ؟

الجواب وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الحلقة.

سؤال ما العامل الأساس لتوليد تيار محتث في حلقة موصلة مقفلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار ؟

الجواب المجال الكهربائي المحتث هو سبب تولد التيار المحتث في الحلقة الموصلة المقفلة .



سؤال ما المقصود بالمجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة ؟

الجواب

المجالات الكهربائية المستقرة : هي مجالات تنشأ بوساطة الشحنات الكهربائية الساكنة .

المجالات الكهربائية غير المستقرة : هي المجالات الكهربائية التي تنشأ بوساطة التغيرات في الفيض المغناطيسي .

بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

سؤال أذكر بعضاً من التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟

الجواب (1) بطاقة الإئتمان . (2) القيثار الكهربائي .

بطاقة الإئتمان عند تحريك بطاقة الإئتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة أمام ملف سلكي يُستحث تيار كهربائي ثم يضخ هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

القيثار الكهربائي أوتار القيثار الكهربائي المعدنية (والمصنوعة من مواد فيرومغناطيسية) تتمغنط أثناء اهتزازها بوساطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقاً مغناطيسية ، توضع هذه الملفات في مواضع مختلفة تحت الأوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الأوتار يُستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الأوتار ، ثم يوصل الى مُضخم .

سؤال ما الذي يحصل عند تحريك بطاقة الإئتمان المُمغنطة أمام ملف سلكي ؟

الجواب يتولد تيار محتث ثم يضخم هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

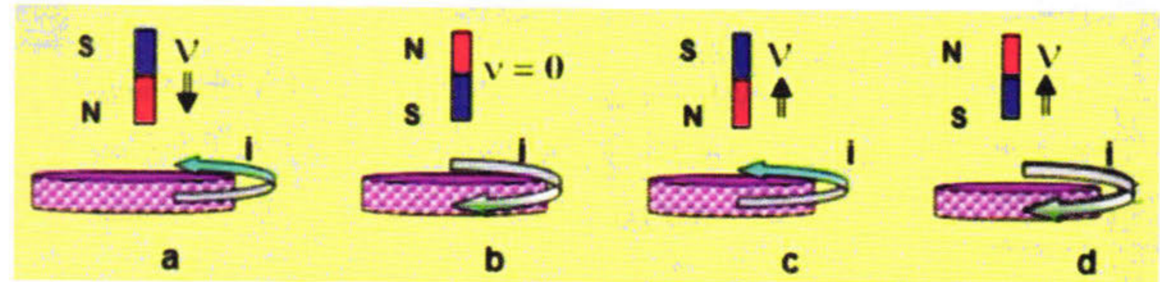
سؤال ما الذي يحصل عندما تهتز أوتار القيثار الكهربائي ؟

الجواب يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الأوتار ، ثم يوصل الى مضخم .

أسئلة الفصل الثاني

سؤال 1 إختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 أي من الأشكال الآتية يتبين فيه الإتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المُحتث في الحلقة الموصلة :



الجواب (a)

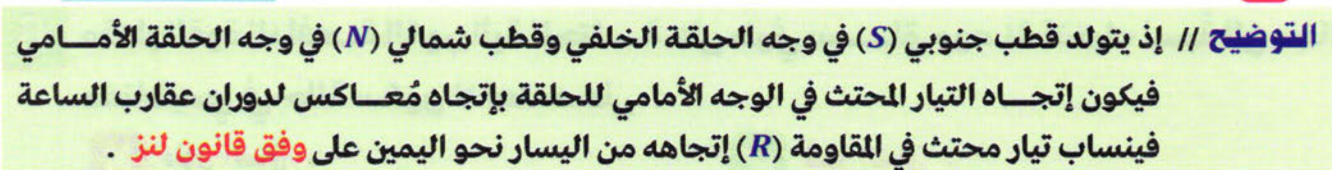
التوضيح // يكون إتجاه المحتث بإتجاه مُعاكس لدوران عقارب الساعة في الحلقة الموصلة ، إذ يتولد قطب مغناطيسي شمالي في وجه الحلقة الموصلة في أثنـــــاء إقتراب القطب الشمالي (N) للساق .

2 في الشكل التالي حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصلة مع المقاومة R سُلّط مجال مغناطيسي بإتجــاه عمودي على مستوي الورقة ، خارجاً من الورقة ، في أي حالة من الحالات التالية ينســـــاب تيار مُحتث في المقاومة R من اليسار الى اليمين :

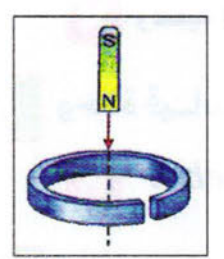
- ✗ عند تزايد الفيض المغنـــــــــــــاطيسي الذي يخترق الحلقة .
- ✓ عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .
- ✗ عند ثبوت الفيض المغنـــــــــــــاطيسي الذي يخترق الحلقة .
- ✗ جميـــــــــع الإحتمالات المذكورة آنفــــــاً .



التوضيح // إذ يتولد قطب جنوبي (S) في وجه الحلقة الخلفي وقطب شمالي (N) في وجه الحلقة الأمـــامي فيكون إتجــاه التيار المحتث في الوجه الأمامي للحلقة بإتجاه مُعـــاكس لدوران عقارب الساعة فينساب تيار محتث في المقاومة (R) إتجاهه من اليسار نحو اليمين على وفق قانون لنز .

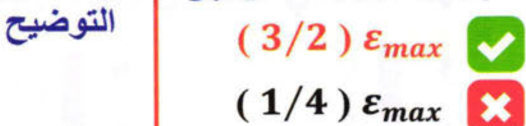


3 عند سقوط السّـــاق المغناطيسية خلال حلقة من الألمنيوم غير مقفلة موضوعة أفقياً (لاحظ الشكل التالي) :



- ✗ تتأثر الساق بقوة تنافر في أثنـــــاء إقترابهـــا من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تجاذب في أثناء إبتعادها عن الحلقة .
- ✗ تتأثر الساق بقوة تجاذب في أثنــاء إقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تنافر في أثناء ابتعادها عن الحلقة .
- ✓ لا تتأثر الساق بأية قوة في أثناء إقترابها من الحلقة ، أو في أثنـــــاء إبتعادهـا عن الحلقة .
- ✗ تتأثر الساق بقوة تنافر في أثناء إقترابها من الحلقة وكذلك تتأثر بقوة تنافر في أثناء ابتعادها عن الحلقة .

4 عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظمة B أفقية (لاحظ الشكل التالي) ، تولد أعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{max} . وعند زيادة عدد لفات الملف الى ثلاثة أمثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف الى نصف ما كان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف ، فإن المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون :



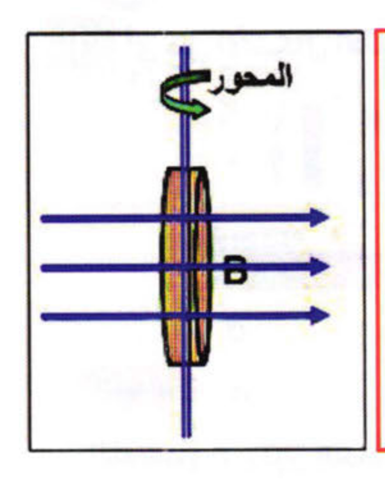
- ✔ $(3/2)\ \varepsilon_{max}$
- ✘ $(1/4)\ \varepsilon_{max}$
- ✘ $(1/2)\ \varepsilon_{max}$
- ✘ $(3)\ \varepsilon_{max}$

التوضيح

$$\varepsilon_{max} = NBA\omega = NB(r^2\pi)\omega$$

$$\varepsilon'_{max} = (3N)B\left[(\frac{r}{2})^2\pi(2\omega)\right] = \frac{3}{2}NBA\omega$$

$$\therefore \quad \varepsilon'_{max} = \frac{3}{2}\varepsilon_{max}$$



5 تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين عندما :

- ✘ تُسحب ساق مغناطيسية بعيداً عن وجه الملف .
- ✘ يوضع هذا الملف بجوار ملف آخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن .
- ✔ ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن .
- ✘ تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم .

التوضيح // تسمى هذه العملية بظاهرة الحث الذاتي لملف [تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة حصول تغير في التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه ($\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$)]

6 مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبةً الى مجال مغناطيسي في حالة سكون لا تعتمد على :

- ✘ طول الساق .
- ✔ قطر الساق .
- ✘ وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي .
- ✘ كثافة الفيض المغناطيسي .

7 وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي :

- ✘ $weber$
- ✘ $weber/s$
- ✔ $weber/m^2$
- ✘ $weber.s$

8 مُعامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على :

- ✘ عدد لفات الملف .
- ✘ الشكل الهندسي للملف .
- ✔ المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف .
- ✘ النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف .

سؤال 2 علل ما يأتي :

2014 الدور الثاني للنازحين + 2017 التمهيدي

1 يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة ، ولا يتوهج عند إغلاق المفتاح ؟

الجواب يتوهج مصباح النيون في الحالة الأولى وذلك لأن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريعاً جداً وهذا يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة كبيرة المقدار على طرفي الملف ، فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة تجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه .أما لحظة اغلاق المفتاح فلا يتوهج المصباح بسبب أن الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه ، لأن نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت يكون بطيئاً مما يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز ، لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح .

2014 الدور الثاني + 2015 التمهيدي + 2015 الدور الثالث

2 إذا تغير تيار كهربائي منساب في أحد ملفين متجاورين يتولد تيار مُحتث في ملف في الملف الآخر ؟

الجواب على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فإذا تغير التيار المنساب في الملف الإبتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعاً لذلك الفيض $(\phi_{B(2)})$ الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن وعلى وفق قانون فرداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي ذو عدد اللفات N_2 وفق العلاقة التالية :

$$\varepsilon_{ind(2)} = -N_2 \frac{\Delta \phi_{B(2)}}{\Delta t}$$

ويمكن أن تعطى $\varepsilon_{ind(2)}$ بالعلاقة

$$\varepsilon_{ind(2)} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

والتى تولد تياراً فى دائرة الملف الثانوى المقفلة ، حيث M معامل الحث المتبادل بين الملفين المتجاورين .



سؤال 3 عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه $(\vec{B})$ منتظمة ، فإن الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف يُعطى بشكل دالة جيب تمام $[\phi_B = BAcos(\omega t)]$ في حين تُعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي هذا الملف بشكل دالة جيبية $[\varepsilon_{ind} = NBAsin(\omega t)]$ ، وضّح ذلك بطريقة رياضية .

الجواب الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف عند أية لحظة زمنية يعطى بالعلاقة التالية :

$$\phi = \vec{B} . \vec{A}$$
$$\phi_B = BA \cos \omega t$$

وعند أخذ المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة فإن :

$$\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -BA\omega \sin (\omega t)$$

لأن مشتقة $[\Delta cos(\omega t)]$ تكون $[- \omega \sin(\omega t)]$

وعلى وفق قانون فرداي بالحث الكهرومغناطيسي فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة $(\mathcal{E}_{ind})$ في الملف تكون :

$$\mathcal{E}_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -N (-BA\omega sin(\omega t))$$

لذا فإن :

$$\mathcal{E}_{ind(ins)} = \mathcal{E}_{ind(max)} sin (\omega t)$$

سؤال 4 ما المقصود بالمجالات الكهربائية الغير مستقرة ؟ 2014 الدور الأول للنازحين

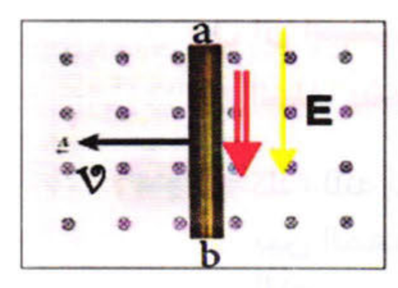


الجواب

المجالات الكهربائية غير المستقرة : هي المجالات التي تنشأ بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي ، (كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ) .



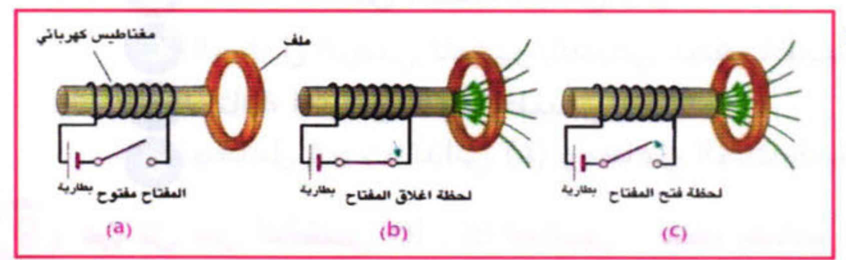
سؤال 5 **في الشكل المجاور ، حدد إتجاه المجال الكهربائي داخل الساق الموصلة ، ما تفسير ذلك ؟**



الجواب عندمـــا تكون حركة الساق نحو اليسار عمودياً على الفيض المغنـاطيسي فإن القوة المغنـاطيسية تؤثر في الشحنـــات الموجبة ويكون اتجاههـــا نحو الطرف (a) (على وفق قــاعدة الكف اليمنى) فتتجمع الشحنات الموجبــة في الطرف (a) للســـاق والسالبة في الطرف (b) ، لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي E من الطرف (a) نحو الطرف (b) .

وبإنعكاس إتجاه حركة الساق (نحو اليمين) ينعكس إتجاه القوة المغناطيسية ، لذلك تتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (b) والشحنات السالبة في الطرف (a) لذا يكون إتجـــاه المجـــال الكهربائي E من الطرف (b) نحو الطرف (a) .

سؤال 6 **عيّن إتجـــاه التيار المُحتث في وجه الحلقة المقابلة للملف السلكي في الأشكال الثلاث التالية :**

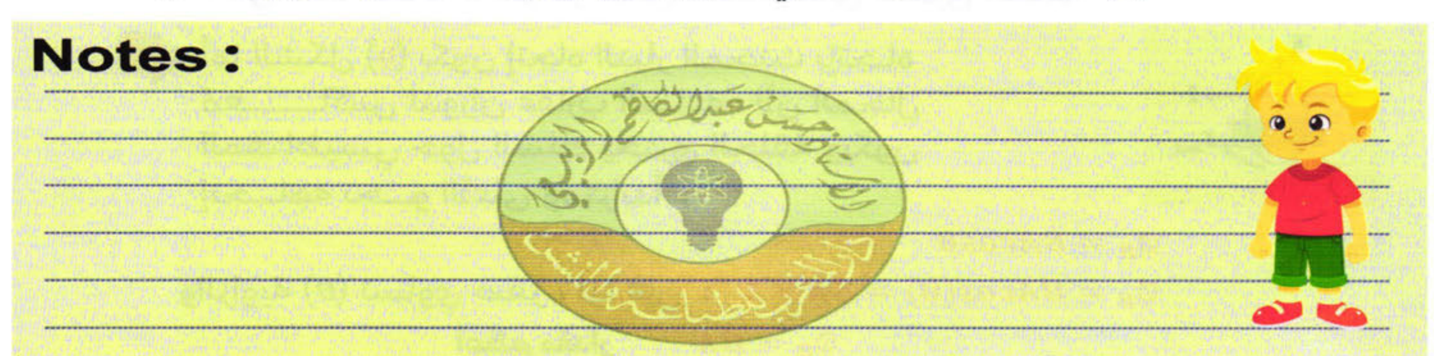


الجواب

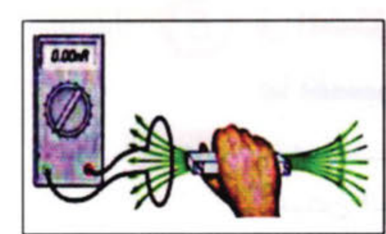
a في حالة المفتـــاح مفتوح يكون مقدار التيـــار صفراً (لا يتوافر تغير في الفيض المغنـــاطيسي الذي يخترق الملف $\Delta\phi_B = 0$) لذا فـــإن التيار المحتث يساوي صفراً في الملف ($I_{ind} = 0$) .

b في حـــالة إغلاق المفتـــاح يحصل تزايد في الفيض المغناطيسي ($\Delta\phi_B > 0$) الذي يخترق الملف ، فـإذا نظرنـــا الى وجــه الملف السلكي من الجهة اليمنى فإن إتجاه التيار المحتث لحظة نمو التيار يكون بإتجاه دوران عقارب الســـاعة .

c في حـــالة فتح الدائرة بالمفتـــــاح يحصل تلاشي في الفيض المغنـاطـــيسي ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} > 0$) ، فـإذا نظرنا الى وجه الملف السلكي من الجهة اليمنى فإتجــــاه التيار المحتث لحظة تلاشي التيار يكون بإتجاه معاكس لدوران عقارب السـاعة .



سؤال 7 أفترض أن الملف والمغناطيس الموضّح في الشكل التالي كل منهمـــا يتحرك بالسرعة نفسهـــا نسبةً الى الأرض هل أن المللي أميتـر الرقمي (أو الكلفانوميتر) المربوط مع الملف يشير الى إنسياب تيـار في الدائرة ؟ وضّح ذلك



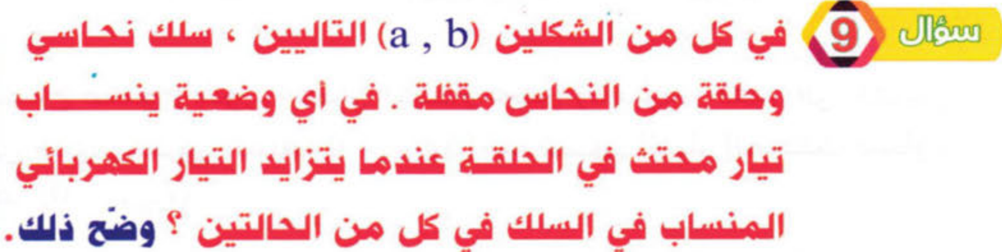
الجواب كلا ، لأنه لا ينساب تيار محتث في الدائرة وذلك لعدم توافر حركة نسبية بين المغناطيس والحلقة تسبب تغيراً في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن .

سؤال 8 ما الكميات الفيزيائية التي تُقاس بالوحدات الآتية :



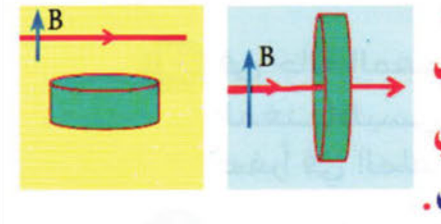
(a) *Weber* (b) $Weber/m^2$ (c) $Weber/s$ (d) *Teslla* (e) *Henry*

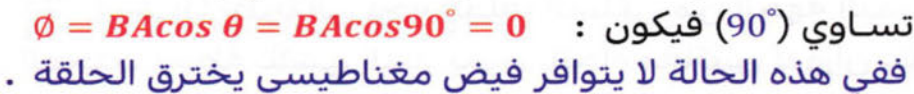
الجواب
(a) الفيض المغناطيسي (ϕ_B) .
(b) كثافة الفيض المغناطيسي (B) .
(c) المعدل الزمني للتغير بالفيض المغنـاطيسي ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$) .
(d) كثافة الفيض المغناطيسي (B) .
(e) معامل الحث الذاتي (L) ومعامل الحث المتبادل (M) .



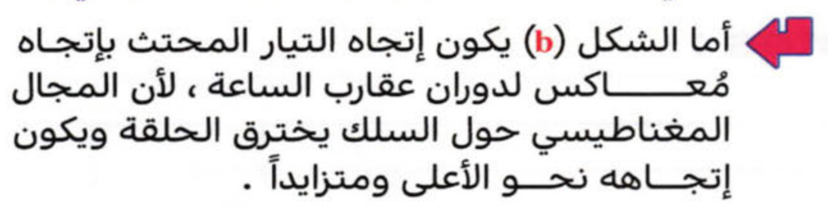
سؤال 9 في كل من الشكلين (a , b) التاليين ، سلك نحـاسي وحلقة من النحاس مقفلة . في أي وضعية ينســاب تيار محتث في الحلقــة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين ؟ وضّح ذلك.

الجواب في الشكل (a) لا ينســاب تيار محتث في الحلقة لأن كثافة الفيض المغنــاطيسي (B) يكون موازياً لمستوي الحلقة فتكون الزاويــة (θ) بين متجــه المساحة ($\vec{A}$) وكثافــة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) تسـاوي (90°) فيكون : $\emptyset = BAcos\,\theta = BAcos90^\circ = 0$

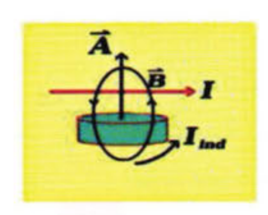




ففي هذه الحالة لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة .



أما الشكل (b) يكون إتجاه التيار المحتث بإتجـاه مُعـــاكس لدوران عقارب الساعة ، لأن المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون إتجـاهه نحــو الأعلى ومتزايداً .



$\emptyset_B = BAcos\theta$

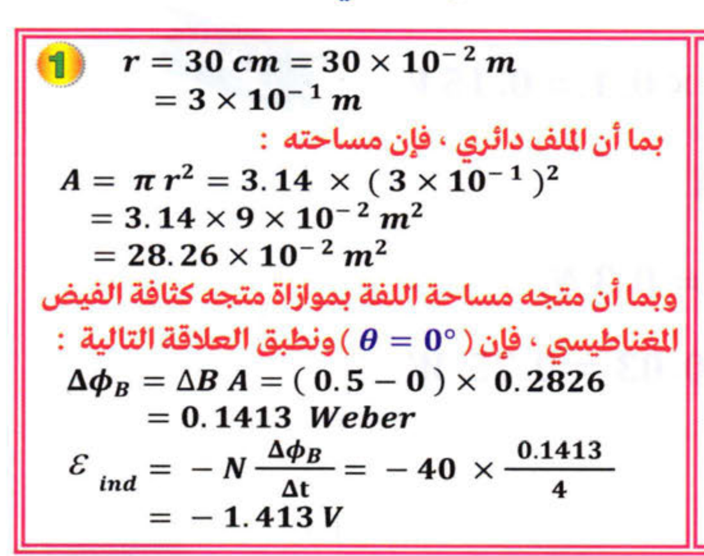
والزاوية (θ) تساوي صفر ، لذا فإن : $\emptyset_B = BAcos(0) = BA \times 1$

أعظم مقدار $\emptyset_B = BA$

مسائل الفصل الثاني

سؤال 1 ملف سلكي دائري الشكل عدد لفـــاتـــه (40) لفة ونصف قطره ($30\ cm$) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي ، فـإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من ($0.0\ T$) الـى ($0.5\ T$) خلال زمن قدره ($4\ s$) ، ما مقدار القوة الدافعــة الكهربائية المحتثــة في الملف عندما يكون :

1. متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .
2. متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها ($30°$) مع مستوي الملف .



1

$r = 30\ cm = 30 \times 10^{-2}\ m$
$= 3 \times 10^{-1}\ m$

بما أن الملف دائري ، فإن مساحته :

$A = \pi r^2 = 3.14 \times (3 \times 10^{-1})^2$
$= 3.14 \times 9 \times 10^{-2}\ m^2$
$= 28.26 \times 10^{-2}\ m^2$

وبما أن متجه مساحة اللفة بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي ، فإن ($\theta = 0°$) ونطبق العلاقة التالية :

$\Delta\phi_B = \Delta B\ A = (0.5 - 0) \times 0.2826$
$= 0.1413\ Weber$

$\mathcal{E}_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -40 \times \frac{0.1413}{4}$
$= -1.413\ V$

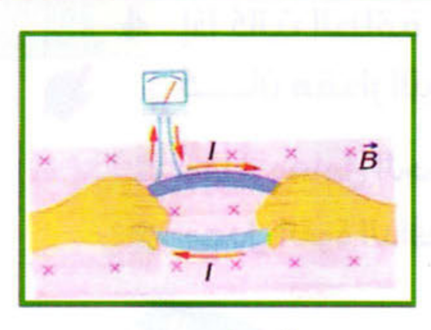
2 تكون الزاوية θ محصورة بين مُتجه المساحة $\vec{A}$ ومُتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ ، والزاوية المُعطـاة بالسؤال تقع بين مستوي الملف وكثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ ، لذا فإن :

$\theta = 90° - 30° = 60°$

$\Delta\phi_B = \Delta B\ A \cos\theta$
$= (0.5 - 0) \times 0.2826 \times 0.5$
$= 0.07065\ Weber$

$\mathcal{E}_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -40 \times \frac{0.07065}{4}$
$= -0.7065\ V$

سؤال 2 في الشكل المجاور حلقة موصلة دائرية مساحتها ($626\ cm^2$) ومقاومتهـــــا ($9\ \Omega$) موضوعة في مستوي الورقة ، سلط عليهـا مجـال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.15\ T$) باتجـــاه عمودي على مستوي الحلقـة ، سُحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متســاويتين فبلغت مساحتهـــا ($26\ cm^2$) خلال فترة زمنية ($0.2\ s$) ، إحسب مقدار التيار المُحتث في الحلقة .



$\Delta A = A_2 - A_1 = 26\ cm^2 - 626\ cm^2$
$= -600\ cm^2 = -600 \times 10^{-4}\ m^2$
$= -6 \times 10^{-2}\ m^2$

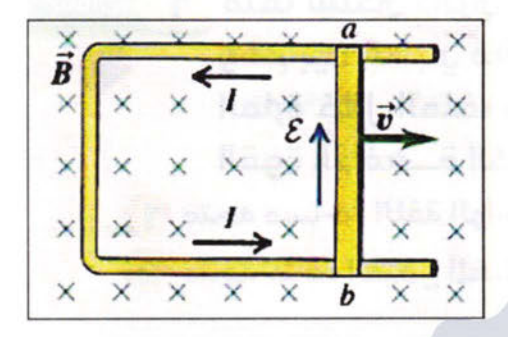
$\Delta\phi_B = B\ .\ \Delta A\ .\ \cos\theta$
$= 0.15 \times (-6 \times 10^{-2}) \times \cos 0$
$= 0.9 \times 10^{-2}\ web$

$\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$
$= -1 \times \frac{-0.9 \times 10^{-2}}{0.2}$
$= 45 \times 10^{-3}\ V$

$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{45 \times 10^{-3}}{9}$
$= 5 \times 10^{-3}\ A$



سؤال 3 أفرض أن الساق الموصلة في الشكل المجاور طولها ($0.1\ m$) ومقدار السرعة التي يتحرك بها ($2.5\ m/s$) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها ($0.03\ \Omega$) وكثافة الفيض المغناطيسي ($0.6\ T$) ، إحسب :



1. القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق .
2. التيار المحتث في الحلقة .
3. القوة الساحبة للساق .
4. القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .



1. $\varepsilon_{motional} = v\,B\,\ell = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15\ V$

2. $I_{ind} = \dfrac{\varepsilon_{motional}}{R} = \dfrac{0.15}{0.03} = 5\ A$

3. $F_{pull} = I\,\ell\,B = 5 \times 0.1 \times 0.6 = 0.3\ N$

4. $P_{dissipated} = I^2 R = (5)^2 \times 0.03 = 0.75\ W$



سؤال 4 إذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي ($360\ J$) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه ($20\ A$) ، إحسب :

1. مقدار معامل الحث الذاتي للملف .
2. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس التيار خلال ($0.1\ s$) .



1. $PE = \dfrac{1}{2} L I^2 \quad \Rightarrow \quad L = \dfrac{PE}{\frac{1}{2} I^2} = \dfrac{360}{\frac{1}{2}(20)^2}$

$\therefore \quad L = \dfrac{360}{\frac{1}{2} 400} = \dfrac{360}{200} = 1.8\ H$

2. $I_2 = -\,I_1 = -20\ A$ عند إنعكاس إتجاه التيار

$\Delta I = I_2 - I_1 = -20 - 20 = -40\ A$

$\varepsilon_{ind} = -\,L \dfrac{\Delta I}{\Delta t} = -\,1.8 \times \dfrac{-40}{0.1} = +720\ Volt$



سؤال 5 ملفان متجاوران بينهمـــا ترابط مغناطيسي تـام ، كـــان معـــامل الحث الذاتي للملف الإبتدائي ($0.4\ H$) ومقـــــاومته ($16\ \Omega$) ومعامل الحث الذاتي للملف الثـــــــانوي ($0.9\ H$) . والفولطية الموضوعـــة في دائرة الملف الإبتدائـــي ($200\ V$) ، إحسب مقدار :

التيار الآني والمعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الإبتدائي لحظة إزدياد التيار فيها الى (80%) من مقداره الثابت ، والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة .



الحل

$$I_{ins} = 80\%\ I_{constant}$$

$$= 0.8\frac{V_{app}}{R} = 0.8 \times \frac{200}{16} = 10\ A$$

$$V_{app} = I_{ins}\ .\ R_1 + -L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$200 = 10 \times 16 + 0.4\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow\ 200 = 160 + 0.4\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow\ 200 - 160 = 0.4\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\ \ \Rightarrow\ 40 = 0.4\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore\ \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100\ A/sec$$

$$M = \sqrt{L_1\ .\ L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9} = \sqrt{0.36} = 0.6\ H$$

$$\varepsilon_{ind\,2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -0.6 \times 100 = -\ 60\ V$$

Test Yourself.





الدور الأول 2013

ملفان مُتجاوران ملفوفين حول حلقة مُقفلة من الحديد المُطاوع ، رُبط بين طرفي الملف الإبتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها ($80\ V$) ومفتاح على التوالي ، فإذا كان مُعامل الحث الذاتي للملف الإبتدائي ($0.4\ H$) ومقاومته ($16\ \Omega$) ، إحسب مقدار :

1. المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الإبتدائي لحظة إغلاق الدائرة .
2. معامل الحث المتُبادل بين الملفين إذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها ($50\ V$) لحظة إغلاق المفتـــاح في دائرة الملف الإبتدائي .
3. التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الإبتدائي بعد إغلاق الدائرة .

الدور الثاني 2013

ملف مقاومته ($12\ \Omega$) وكانت الفولتية الموضوعة في دائرته ($240\ V$) والطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف عند ثبوت التيار ($360\ J$) ، إحسب :

1 معامل الحث الذاتي للملف .

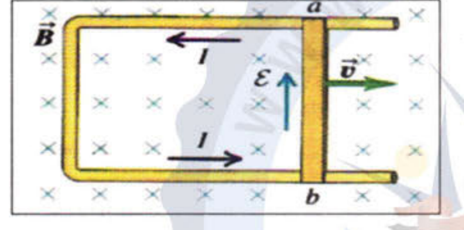
2 القوة الدافعة المحتثة لحظة غلق الدائرة .

3 المعدل الزمني لتغير التيار لحظة ازدياد التيار الى ($80\ \%$) من مقداره الثابت .

الدور الثالث 2013

في الشكل أدناه : أفرض ان الساق الموصلة طولها ($0.2\ m$) ومقدار السرعة التي يتحرك بها ($3\ m/s$) وكثافة الفيض المغناطيسي ($0.8\ T$) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها ($0.3\ \Omega$)

إحسب مقدار :



1 القوة الدفعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق .

2 التيار المحتث في الحلقة .

3 القوة الساحبة للساق .

4 القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .

التمهيدي 2014

ملف سلكي دائري عدد لفاته (60) لفة ونصف قطره ($20\ cm$) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المار خلال الملف من ($0.0\ T$) الى ($0.5\ T$) في زمن قدره ($\pi\ s$) ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :

1 متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2 متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها ($30°$) مع مستوي اللفة .

الدور الأول 2014

ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان مُعامل الحث الذاتي للملف الإبتدائي ($0.4\ H$) والفولتية الموضوعة في دائرة الملف الإبتدائي ($60\ V$) ومقاومته ($15\ \Omega$) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي ($0.9\ H$) ، إحسب :

1 المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الإبتدائي لحظة إزدياد التيار فيها الى (80%) من مقداره الثابت .

2 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة .

الدور الأول 2014 الخاص

أفرض أن ساق موصلة طولها ($0.1\ m$) تتحرك بسرعة مقدارها ($2.5\ m/s$) داخل مجال مغناطيسي منتظم ($0.6\ T$) على سكة موصلة على شكل حرف U ، إحسب مقدار :

1. التيار المحتث في الحلقة إذا كانت المقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها ($0.03\ \Omega$) .
2. القدرة المتبددة في المقاومة الكلية .

الدور الأول 2014 للنازحين

ملف مُعامل حثه الذاتي ($1.8\ H$) وعدد لفاته (600) لفة ينساب فيه تيار مستمر ($20\ A$) إحسب مقدار :

1. الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .
2. الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس إتجاه التيار خلال ($0.1\ s$) .

الدور الثاني 2014

ملف يتألف من (50) لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة ($20\ cm^2$) فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من ($0.0\ T$) الى ($0.8\ T$) خلال زمن ($0.4\ s$) ما معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف ؟

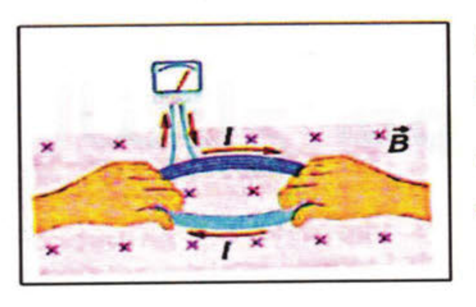
الدور الثاني 2014 للنازحين

إذا كانت الطاقة المختزنة في ملف تساوي ($0.02\ J$) عندما كان التيار المنساب فيه ($4\ A$) جد مقدار :

1. مُعامل الحث الذاتي للمحث .
2. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة اذا إنعكس التيار خلال ($0.25\ s$) .

الدور الثاني 2015

في الشكل المجاور حلقة موصلة دائرية مساحتها ($520\ cm^2$) ومقاومتها ($5\ \Omega$) موضوعة في مستوي الورقة ، سُلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.15\ T$) بإتجاه عمودي على مستوي الحلقة ، سُحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها ($20\ cm^2$) خلال فترة زمنية ($0.3\ s$) إحسب مقدار التيار المُحتث في الحلقة .



الدور الثالث 2015

إذا كــانت الطاقة المختزنة في ملف تســاوي ($75\ J$) عندمــا كان مقدار التيار المنساب فيه ($10\ A$) ، جد مقدار :

1. معامل الحث الذاتي للمحث .
2. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس التيار خلال ($0.2\ s$) .

التمهيدي 2016

ملف مُعــامل حثه الذاتي ($0.1\ H$) وعدد لفاته (400) لفة ، ينســاب فيه تيــار مستمر ($2\ A$) ، جد مقدار :

1. مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .
2. الطــاقة المُختزنة في المجــال المغناطيسي للملف .
3. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس إتجاه التيار خلال ($0.2\ s$) .

التمهيدي 2017

ملف معــامل حثه الذاتي ($0.5\ H$) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارهــا ($100\ V$) فكان مقدار التيار الثابت المنساب في دائرة الملف بعد إغلاق الدائرة ($5\ A$) ، إحسب مقدار :

1. المعدل الزمني لتغير التيار في الملف لحظة إغلاق الدائرة .
2. المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف لحظة إزدياد التيار الى ($3\ A$) .

الدور الثالث 2017

ملف معامل حثه الذاتي ($2\ H$) ينسـاب فيه تيار مستمر مقداره ($15\ A$) ، جد مقدار :

1. الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
2. معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا إنعكس التيار خلال ($0.1\ s$) .



النجاح هو تحقيق ما تريده

المثالي في الفيزياء

حسن عبد الكاظم الربيعي



الفصل الثالث

التيار المتناوب

ملازم
دار المغرب


WWW.iQ-RES.COM
موقع طلاب العراق

الفصل الثالث

التيار المتناوب

التيار المستمر : هو التيار المنساب في الدوائر الكهربائية المقفلة ويكون ثابت المقدار والإتجاه بمرور الزمن وتولده البطاريات (مصدر مستمر) ويرمز له بالرمز (dc) .

التيار المتناوب : هو التيار المتغير دورياً مع الزمن والذي ينعكس إتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة ويولده المولد الكهربائي (مصدر متناوب) ويرمز له بالرمز (ac) .

علل يفضل إستعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية ؟

الجواب لسهولة نقله الى مسافات بعيدة بأقل خسائر بالطاقة .

سؤال ما الغرض من نقل القدرة الكهربائية بفولطيات عالية وتيار واطئ بإستعمال المحولات الرافعة ؟

الجواب وذلك لتقليل خسائر القدرة الكهربائية في الأسلاك الناقلة والتي تظهر بشكل حرارة .

ملاحظات مهمة

- يكون تردد التيار المتناوب ($f = 50\ Hz$) في معظم دول العالم ومنها العراق ، إذ ينعكس إتجاه التيار المتناوب (100) مرة في الثانية الواحدة . وفي دول أخرى يكون تردد التيار المتناوب ($f = 60\ Hz$) .
- تستخدم محولات رافعة للفولطية خافضة للتيار في محطات توليد القدرة الكهربائية .
- تستخدم محولات خافضة للفولطية رافعة للتيار في مناطق استهلاك القدرة الكهربائية .



عند دوران ملف نواة المولد بسرعة زاوية منتظمة في مجال مغناطيسي منتظم تتولد فولطية محتثة آنية جيبية الموجة تُعطى بإحدى العلاقتين الآتيتين :

$$V = V_m \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$V = V_m \sin(2\pi f t)$$

حيث أن :

V : الفولطية المحتثة المتولدة في أية لحظة (الآنية) .

V_m : أعظم مقدار للفولطية المحتثة وتسمى (ذروة الفولطية) .

(ωt) : زاوية الطور .

ω : التردد الزاوي للمصدر ، ويُقاس بوحدة (rad/s) .

f : تردد المصدر (تردد الفولطية أو تردد التيار) ، ويُقاس بوحدة هرتز (Hz) .

تكون الفولطية المحتثة الآنية (V) في أعظم مقدار لها عندما تكون زاوية الطور (ωt) تساوي ($\frac{\pi}{2}$) أي ($90°$) أو ($\frac{3\pi}{2}$) أي ($270°$) .

يتغير مقدار الفولطية المحتثة الآنية (V) وإتجاهها دورياً مع الزمن بين قيمة عظمى موجبة ($+V_m$) وقيمة عظمى سالبة ($-V_m$) .

وحسب قانون أوم فإن :

$$V = I \, . \, R \quad \Rightarrow \quad V_m = I_m \, . \, R$$

وبالتعويض في معادلة الفولطية الآنية فإن :

$$I \, . \, R = I_m \, . \, R \sin(\omega t)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على R نحصل على :

$$I = I_m \sin(\omega t)$$

حيث أن :

I : المقدار الآني للتيار المتناوب .

I_m : المقدار الأعظم للتيار المتناوب .

وفقاً للمعادلة أعلاه ، نجد أن التيار المنساب في دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف يكون دالة جيبية أيضاً .

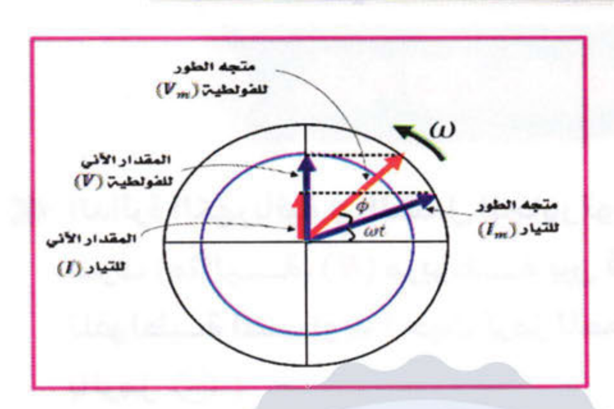


سر النجاح هو الثبات على الهدف



مُتّجه الطّور (المُتّجه الدوّار)

- للتعامل مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدوائر الكهربائية ، نرسم مخططاً يُسمى متجه الطور ، ويسمى أحياناً بـ (المتجه الدوار) .
- (الشكل المجاور) يوضح متجهين طوريين يدور كل منهما بإتجاه مُعاكس لدوران عقارب الساعة حول نقطة ثابتة تُسمى (نقطة الأصل 0) بتردد زاوي (ω) ثابت .



مميزات مُتّجه الطّور

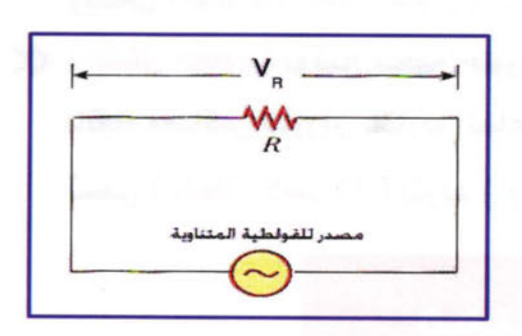
- طول متجه الطور يمثل المقدار الأعظم للفولطية المتناوبة ويرمز له (V_m) ، وإذا كان متجه الطور يمثل التيار فإن طول متجه الطور يمثل المقدار الأعظم للتيار ويرمز له (I_m) .
- مسقط متجه الطور على المحور الشاقولي (y) يمثل المقدار الآني لذلك المتجه ، حيث أن المقدار الآني للفولطية (V) والمقدار الآني للتيار (I) ، فيكون مسقط متجه الفولطية ($V_m\sin(\omega t)$) ومسقط متجه التيار ($I_m\sin(\omega t)$)
  حيث (ωt) : هي الزاوية التي يصنعها متجه الطور مع المحور الأفقي (x) .
- عند بدء الحركة ($t = 0$) يكون متجه الطور منطبقا على المحور الأفقي (x) .
- إذا تطابق متجه الطور للفولطية مع متجه الطور للتيار فهذا يعني أن الفولطية والتيار في طور واحد وأن زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ($\phi = 0$) ويحصل ذلك إذا كان الحِمل في الدائرة ذي مقاومة صرف (مقاومة مثالية) .
- إذا لم يتطابق المتجهان إحداهما على الآخر (في الحالة التي يحتوي الحمل مِحث أو متسعة أو كليهما إضافة الى المقاومة) ، عندئذ تتولد بينهما زاوية فرق في الطور (ϕ) (وتسمى أحياناً ثابت الطور) يتحدد مقداره على وفق نوع الحمل في الدائرة .
- تُقاس كل من زاوية الطور (ωt) وزاوية فرق الطور (ϕ) بالدرجات الستينية أو (rad) .

- إذا كانت (ϕ) موجبة ، فإن متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .
- إذا كانت (ϕ) سالبة ، فإن متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .

الطور : هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة .

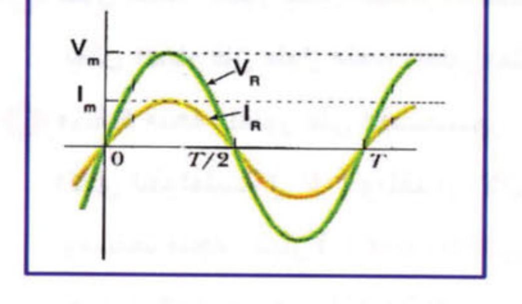
فرق الطور : هو التغير في الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين أو لجسمين مهتزين في اللحظة نفسها .

دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف



- الدائرة الكهربائية في الشكل المجاور توضح مقاومة صرف (مثالية) (R) مربوطة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة [حيث يُرمز للمصدر المتناوب بالرمز ⊝]

مميزات هذه الدائرة



من الشكل المجاور نجد أن :

- كل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) يتغيران مع الزمن بالكيفية نفسها ، وهذا يعني أنهما يدوران حول نقطة الأصل (0) بطور واحد وبإتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .
- زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ($\phi = 0$)

أما زاوية الطور التي يدور بها كل من المتجهين متساوية ومقدارها (ωt) .

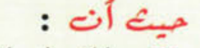
- عامل القدرة (Pf) يساوي ($\cos\phi$) ويساوي واحد ، أي أن :

$$Pf = \cos \emptyset = \cos 0 = 1$$

منحني موجة الفولطية ومنحني موجة التيار يكونان بشكل منحني جيبي ، لذلك فإن :

الفولطية المتناوبة في هذه الدائرة تُعطى بالعلاقة الآتية : $V_R = V_m \sin(\omega t)$

والتيار المتناوب في هذه الدائرة يُعطى بالعلاقة الآتية : $I_R = I_m \sin(\omega t)$



حيث أن :

V_R : المقدار الآني للفولطية عبر المقاومة .

V_m : المقدار الأعظم للفولطية عبر المقاومة .

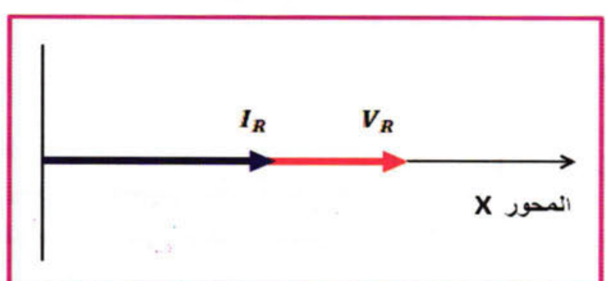
I_R : المقدار الآني للتيار المنساب في المقاومة .

I_m : المقدار الأعظم للتيار المنساب في المقاومة .

ωt : زاوية الطور للمتجه الطوري وتقاس بوحدة (rad) .



للتبسيط ، نرسم متجه الطور للتيار (I_R) ومتجه الطور للفولطية (V_R) لهذه الدائرة على المحور الأفقي X في اللحظة الزمنية $(t = 0)$ ، أي عند زاويـــة طور $[(\omega t = 0)]$ ، لاحظ الشكل :



فكّر

ما قياس زاوية الطور (ωt) لكل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) في الحالة التي يكون عندهـــا $(V_R = V_m)$ وكذلك يكون $(I_R = I_m)$ ؟ وضّح ذلك .

الجواب // عندما $(V_R = V_m)$ تكون زاوية الطور $(\omega t = \frac{\pi}{2})$ ، لأن :

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$
$$= V_m \sin(\frac{\pi}{2})$$
$$\therefore \quad V_R = V_m$$

عندما $(I_R = I_m)$ تكون زاوية الطور $(\omega t = \frac{\pi}{2})$ ، لأن :

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$
$$= I_m \sin(\frac{\pi}{2})$$
$$\therefore \quad I_R = I_m$$

القدرة في دائرة التيار المتناوب

بما أن الفولطية الآنية (V_R) والتيار الآني (I_R) في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف يتغيران بطور واحد مع الزمن، فيمكن حســـاب القدرة الآنية حسب قانون أوم بتطبيق إحدى العلاقات الآتية :

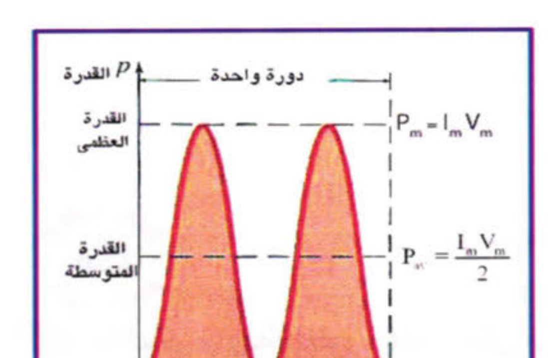
$$P_R = I_R \cdot V_R \Rightarrow P_R = I_R^2 \cdot R \Rightarrow P_R = \frac{V_R^2}{R}$$

يمكن حساب مقدار القدرة العظمى في هذ الدائرة حسب قانون أوم بتطبيق إحدى العلاقات الآتية :

$$P_m = I_m \cdot V_m \Rightarrow P_m = I_m^2 \cdot R \Rightarrow P_m = \frac{V_m^2}{R}$$

◆ القدرة المتوسطة (معدل القدرة) تساوي نصف القدرة العظمى ويتم حسابها وفقاً للعلاقتين الآتيتين :

$$P_{av} = \frac{1}{2} I_m . V_m \quad \Rightarrow \quad P_{av} = \frac{1}{2} I_m^2 . R$$



الشكل المجاور يبين أن منحني القدرة لدائرة الحمل فيها مقاومة صرف ، وهو منحني موجب دائماً وبشكل منحني جيب تمام ($cosin$) يتغير بين المقدار الأعظم للقدرة (P_m) والصفر .

◆ تُسمى القدرة المتوسطة كذلك بالقدرة المؤثرة (P_{eff}) أو القدرة الحقيقية (P_{real}) وهي القدرة المستهلكة في الدائرة .

علل لماذا يكون منحني القدرة موجب دائماً لدائرة تحتوي على مقاومة صرف ؟

الجواب لأن الفولطية والتيار يكونان في طور واحد حيث يكونان موجبان معاً وسالبان معاً ، فحاصل ضربهما موجب دائماً .

علل تكون القدرة متغيرة في دوائر التيار المتناوب ؟

الجواب لأن الفولطية والتيار متغيرين دائما فحاصل ضربهما (القدرة) متغير أيضا .

سؤال ماذا يعني المنحني الموجب للقدرة في الدائرة التي يكون فيها الحمل مقاومة صرف ؟

الجواب يعني أن القدرة تُستهلك بأجمعها في المقاومة بشكل طاقة حرارية .





سؤال مهم جداً أثبت أن القدرة المتوسطة تســاوي نصف القدرة العظمى ؟

الجواب

$\because\ P_R = I_R . V_R$

$\because\ I_R = I_m \sin(\omega t) \quad , \quad V_R = V_m \sin(\omega t)$

$\therefore\ P_R = I_m \sin(\omega t) . V_m \sin(\omega t)$

$\Rightarrow\ P_R = I_m . V_m \sin^2(\omega t)$

$\because\ \sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$

$\therefore\ P_{av} = \frac{1}{2} I_m . V_m$

$\because\ P_m = I_m . V_m$

$$\therefore\ P_{av} = \frac{1}{2} P_m$$



المقدار المؤثر للتيار المتناوب

المقدار المؤثر للتيار المتناوب : هو مقدار التيار المتنـاوب المســاوي للتيار المستمر الذي لو إنساب خلال مقــاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتنــاوب المنساب خلال المقاومة نفسها والفترة الزمنية نفسها .

سؤال لمــاذا لا تعتمد القدرة المستهلكة في مقــــاومة صرف على اتجاه التيار ؟

الجواب لأن القدرة المستهلكة في مقـــاومة صرف ثـابتة المقدار في أية لحظة تتناسب طردياً مع مربع التيار المنســاب فيها ($P = I^2 R$) أي أن : ($P \propto I^2$)

سؤال لمـاذا لا تتســـــاوى القدرة التي ينتجهـا تيار متناوب له مقدار أعظم (I_m) مع القدرة التي ينتجهـا تيار مستمر له نفس المقدار ؟

الجواب لأن التيار المتناوب يتغير دورياً مع الزمن بين ($+I_m$) و ($-I_m$) ومقداره في أية لحظـة لا يساوي دائما مقداره الأعظم ، وإنما فقط لحظة معينة يتسـاوى مقداره الآني مع مقداره الأعظم ، لذلك ينتج قدرة متغيرة مع الزمن بينما التيار المستمر مقداره ثابت دائما فينتج قدرة ثابتة .



◆ المقدار المؤثر للتيار (I_{eff}) يُعطى بالعلاقة التالية :

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m$$

وبما أن : ($\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1.414} = 0.707$) ، فتصبح معادلة المقدار المؤثر للتيار كالتالي :

$$I_{eff} = 0.707\, I_m$$

◆ المقدار المؤثر للفولطية (V_{eff}) يُعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m$$

وبما أن : ($\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1.414} = 0.707$) ، فتصبح معادلة المقدار المؤثر للتيار كالتالي :

$$V_{eff} = 0.707\, V_m$$

◆ يُسمى المقدار المؤثر للتيار المتناوب بجذر مربع المقدار الأعظم للتيار (I_{rms}) .



سؤال ماذا تعني العبارة : " إن مقدار التيار المتناوب في الدائرة يساوي ($1\ Ampere$) " ؟

الجواب تعني أن المقدار المؤثر للتيار (I_{eff}) يســـــاوي ($1\ Ampere$) وليس المقدار الأعظم للتيار (I_m) .



سؤال هل يمكن أن تستعمل أجهزة مقياس التيار المستمر في دوائر التيار المتناوب ؟ وضح ذلك .

الجواب لا يمكن ذلك ، لأن معظـــم أجهزة قياس التيار المستمر تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب ، لذا فــإن مؤشرهـــا يقف عند تدريجة الصفر عند وضعهـــــا في دائرة التيار المتناوب .

فكّر

يقول زميلك (إن التيار المؤثر يتذبذب كدالة جيبية) . مـــــا رأيك في صحّة ما قاله زميلك ؟ وإذا كـــانت العبارة خاطئة ، كيف تُصحح قولـه ؟

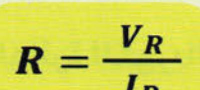
الجواب العبارة خاطئة . لأن المقدار المؤثر للتيار المتناوب هو مقدار التيار المتنــاوب المســـــاوي للتيار المستمر الذي لو إنساب خلال مقــاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها .

ليكن بعلمك

يمكن تطبيق القوانين التالية لدائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف (مثالية) :

$$R = \frac{V_{eff}}{I_{ff}} \qquad R = \frac{V_m}{I_m} \qquad R = \frac{V_R}{I_R}$$

$$P_{av} = \frac{V_{eff}^2}{R} \qquad P_{av} = I_{eff}^2 \cdot R \qquad P_{av} = I_{eff} \cdot V_{eff}$$



مثال 1

مصدر للفولطية المتناوبة ، ربط بين طرفيه مقاومة صرف ($R = 100\ \Omega$) ، الفولطية في الدائرة تُعطى بالعلاقة الآتية : $V_R = 424.2 \sin(\omega t)$ ، إحسب :

1. المقدار المؤثر للفولطيـة .
2. المقدار المؤثر للتيـار .
3. مقدار القدرة المتوسطة .



الحل

1. المقدار المؤثر للفولطية :

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

$$V_R = 424.2 \sin(\omega t) \Rightarrow V_m = 424.2\ V$$

$$\therefore V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{1.414} = 300\ Volt$$

2. المقدار المؤثر للتيار :

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3\ A$$



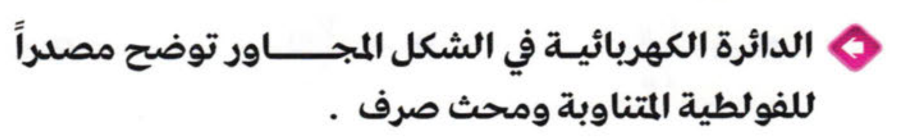
3. مقدار القدرة المتوسطة :

$$P_{av} = I_{eff}^2 \cdot R = (3)^2 \times 100 = 900\ W$$

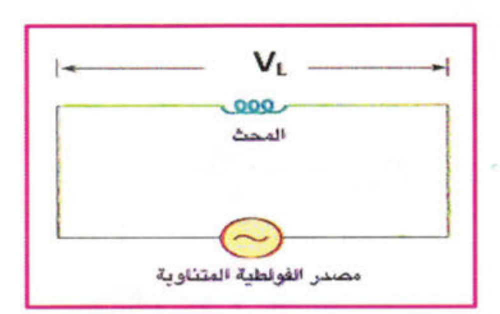


إختبر نفسك

دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف مقدارها ($30\ \Omega$) ، تيار هذه الدائرة يُعطى بالعلاقة : $I_R = 3.2 \sin(\omega t)$ ، إحسب : المقدار المؤثر للتيار والمقدار المؤثر للفولطية .



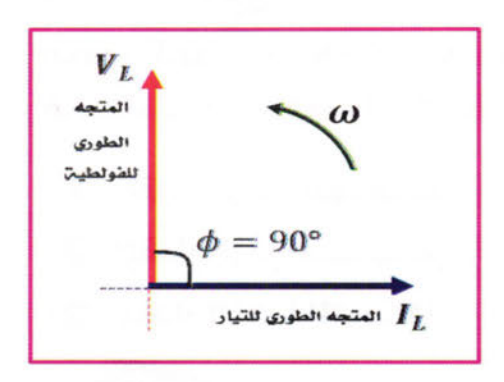
دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف



- الدائرة الكهربائية في الشكل المجاور توضح مصدراً للفولطية المتناوبة ومحث صرف .

(المحث هو ملف مهمل المقاومة ، مقاومته = صفر) .

مميزات هذه الدائرة

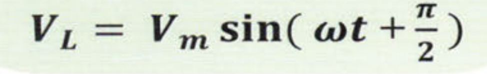


- متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($90°$) أو ($\frac{\pi}{2}$) أو ربع دورة .

- عامل القدرة (Pf) يساوي صفر ، لأن : ($cos90°$)

أي أن : $Pf = cos\ \emptyset = cos\ 90° = 0$

- الفولطية المتناوبة في هذه الدائرة تُعطى بالعلاقة الآتية :



$$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- والتيار المتناوب في هذه الدائرة يُعطى بالعلاقة الآتية :

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

حيث أن :

V_L : المقدار الآني للفولطية عبر المحث .

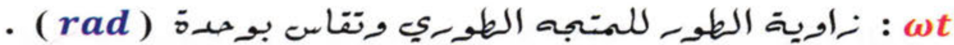
V_m : المقدار الأعظم للفولطية عبر المحث .

I_L : المقدار الآني للتيار المنساب في المحث .

I_m : المقدار الأعظم للتيار المنساب في المحث .

ωt : زاوية الطور للمتجه الطوري وتقاس بوحدة (rad) .





- في هذه الدائرة يُبدي المحث مُعاكسة ضد التغير بالتيار تسمى رادة الحث (X_L) تقاس بوحدة الأوم (Ω) وتخضع لقانون أوم إلا أنها ليست مقاومة ولا تخضع لقانون جول الحراري .



يمكن حساب مقدار رادة الحث (X_L) بتطبيق إحدى القوانين الآتية :

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = \omega L$$

$\omega = 2\pi f$

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$



حسب قانون أوم

حيث أن :

ω : التردد الزاوي ووحدته (rad/s) .

L : معامل الحث الذاتي للمحث ووحدته هنري (H) .

f : تردد الفولطية أو تردد التيار أو تردد المصدر ووحدته هرتز (Hz)

سؤال علام يعتمد مقدار رادة الحث (X_L) ؟

الجواب يعتمد مقداره على :

1. مُعامل الحث الذاتي للمحث (L) ويتناسب معه طردياً ($X_L \propto L$) بثبوت تردد التيار (f) .
2. التردد الزاوي (ω) ويتناسب معه طردياً ($X_L \propto \omega$) بثبوت معـــامل الحث الذاتي (L) .

سؤال مـــاذا يعمل الملف عند الترددات الواطئة جداً ؟ ولماذا ؟

الجواب يعمل عمل مقاومة صرف (الملف غير مهمل المقاومة) ، لأن رادة الحث ($X_L = 2\pi f L$) تقل وقد تصل الى الصفر ، فهي تتناسب طردياً مع تردد التيار ($X_L \propto f$) .

سؤال مـــاذا يعمل الملف عند الترددات العالية جدا ؟ ولماذا ؟

الجواب يعمل عمل مفتـــاح مفتوح ، لأن الترددات العالية جداً تؤدي الى زيادة رادة الحث زيادة كبيرة جداً قد تؤدي الى قطع تيار الدائرة .



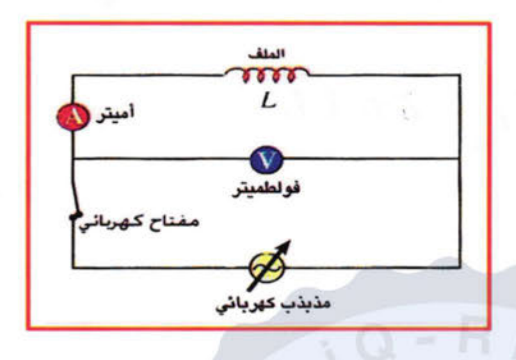
نشاط 1

إشرح نشاطـــا يوضح تأثير تغير تردد التيار (f) في مقدار رادة الحث (X_L) .

أدوات النشاط

مُذبذب كهربـــائي (مصدر فولطيـــة متناوبـــة يمكن تغيير ترددهـــا) ، أميتر ، فولطميتر ، ملف مهمل المقـــاومة (محث) ، مفتـــــاح كهربائي .

خطوات النشاط



- نربط الأدوات كما في الشكل المجاور :
- نُغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجياً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتاً (بمراقبة قراءة الفولطميتر) .
- نُلاحظ حصول نُقصان في قراءة الأميتر .

الإستنتاج

نستنتج من النشاط أن رادة الحث (X_L) تتناسب طردياً مع تردد التيار (f) بثبوت مُعامل الحث الذاتي للمحث (L) .

نشاط 2

2014 ـ التمهيدي + 2015 الدور الأول للنازحين

إشرح نشاط توضح فيه تأثير تغير معامل الحث الذاتي (L) في مقدار رادة الحث (X_L) .



أدوات النشاط

مصدر فولطية تردده ثابت ، قلب من الحديد المُطاوع ، أميتر ، فولطميتر ، ملف مُجوّف مُهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .

خطوات النشاط



- نربط الأدوات كما في الشكل المجاور :
- نُغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر .
- نُدخل قلب الحديد تدريجياً في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية بين طرفي الملف ثابتاً (بمراقبة قراءة الفولطميتر) .
- نُلاحظ حصول نقصان في قراءة الأميتر ، وذلك بسبب إزدياد مقدار رادة الحث (لأن إدخال قلب الحديد في جوف الملف يُزيد من مُعامل الحث الذاتي للملف) .

الإستنتاج

نستنتج من النشاط أن رادة الحث (X_L) تتناسب طردياً مع مُعامل الحث الذاتي للملف (L) بثبوت تردد التيار (f) .

سؤال كيف تفسر إزديـــاد مقدار رادة الحث بإزدياد تردد الدائرة على وفق قـانون لنز ؟

الجواب إن إزدياد تردد الدائرة يعني إزدياد تردد التيار المنساب في الدائرة أي إزديـــاد المعدل الزمني للتغير في التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها ($\varepsilon \propto -\frac{\Delta I}{\Delta t}$) على وفق قــانون لنز ، أي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار ، فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار .

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي على محث صرف

سؤال في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف تكون القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات الكاملة تساوي صفر ؟ فسّر ذلك .

الجواب عند تغير التيار المنســاب خلال المحث من الصفر الى مقداره الأعظـــم في أحد أرباع الدورة تنتقـل الطــاقة من المصدر وتخزن في المحث بهيئة مجــال مغناطـــيسي (يُمثله الجزء الموجب من منحني القدرة) ثم تُعـــاد جميع هذه الطاقة الى المصدر عند تغير التيـــار من مقداره الأعظم الى الصفر في الربع الذي يليه ، (يُمثله الجزء السّـــالب من منحني القدرة) .

سؤال لماذا لاتُعد رادة الحث مقاومة أومية ولا تخضع لقانون جول الحراري ؟

الجواب لأنهـــا لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تســـاوي صفر) .

مثال 2

ملف مُهمل المقـاومـــة (محث صرف) مُعـــامل حثه الذاتي ($\frac{50}{\pi}\ mH$) ربط بين قطبي مصدر للفولطيـــة المتنـــاوبة فرق الجهد بين طرفيه ($20\ V$) ، أحسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندمـــا يكون تردد الدائرة :

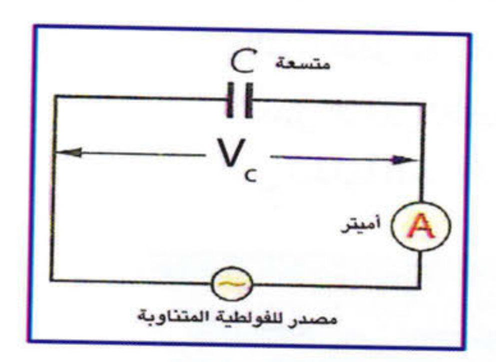
(a) $f = 10\ Hz$ (b) $f = 1\ MHz$

(a) $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1\,\Omega$ $I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20\ A$	(b) $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times 10^6 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 10^5\,\Omega$ $I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^5} = 20 \times 10^{-5}\ A$





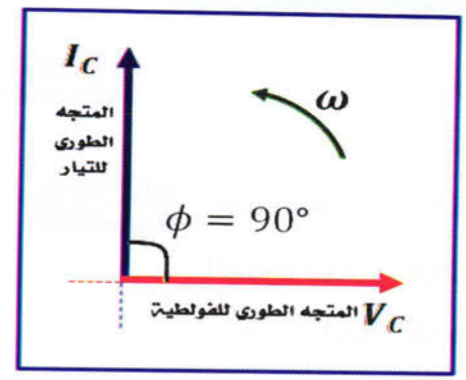
دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة ذات سعة صرف



- الدائرة الكهربائية في الشكل المجـــاور توضح مصدراً للفولطية المتناوبة ومتسعة ذات سعة صرف (مثالية) .

مميزات هذه الدائرة

- متجه الطّور للفولطية يتـأخر عن متجه الطّور للتيار بزاوية فرق طور ($90°$) أو ($\frac{\pi}{2}$) أو ربع دورة .



- عامل القدرة (Pf) يســاوي صفر ، لأن : ($cos90°$) ،
أي أن : $Pf = cos\ \emptyset = cos\ 90° = 0$

الفولطية المتنـاوبة في هذه الدائرة تُعطى بالعلاقة الآتية : $V_C = V_m \sin(\omega t)$

والتيار المتنـــاوب في هذه الدائرة يُعطى بالعلاقة الآتية : $I_C = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

حيث أن :

V_C : المقدار الآني للفولطيـــة عبر المتسعة .

V_m : المقدار الأعظم للفولطية عبر المتسعة .

I_C : المقدار الآني للتيار عبر المتسعـــة .

I_m : المقدار الأعظم للتيار عبر المتسعة .

ωt : زاوية الطور .

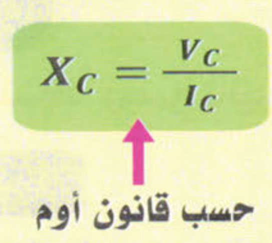
- في هذه الدائرة تُبدي المتسعة معــاكسة ضد التغير بالفولطية تسمى رادة السعة (X_C) تقاس بوحدة الأوم (Ω) وتخضع لقانون أوم إلا أنها ليست مقــاومة ولا تخضع لقانون جول الحراري . .

 يمكن حساب مقدار رادة السعة (X_C) بتطبيق إحدى القوانين الآتية :

$$X_C = \frac{V_C}{I_C} \qquad X_C = \frac{1}{\omega C} \qquad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

حسب قانون أوم

$$\omega = 2\pi f$$



حيث أن :

ω : التردد الزاوي ووحدته (rad/s) .

C : سعة المتسعة ووحدتها فاراد (F) .

f : تردد الفولطية أو تردد التيار أو تردد المصدر ووحدته هرتز (Hz) .

سؤال علام يعتمد مقدار رادة السعة (X_C) ؟

الجواب يعتمد مقدارها على :

1. سعة المتسعة (C) وتتنـاسب عكسياً معها بثبوت التردد الزاوي ، أي أن : ($X_C \propto \frac{1}{C}$) .
2. التردد الزاوي (ω) وتتنـاسب عكسياً معه بثبوت سعة المتسعة ، أي أن : ($X_C \propto \frac{1}{\omega}$) .

سؤال مـاذا تعمل المتسعة عند الترددات العالية جداً لفولطية المصدر ؟ ولمـاذا ؟

الجواب تعمل المتسعة عمل مفتاح مغلق (تعد المتسعة خارج المصدر) لأنه عند الترددات العالية جداً تقل رادة السعة وقد تصل الى الصفر لأن : (رادة السعة تتنـاسب عكسيا مع التردد) .

سؤال مـاذا تعمل المتسعة عند الترددات الواطئة جدا ؟ ولمـاذا ؟

الجواب تعمل عمل مفتـاح مفتوح كما يحصل عند وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر ، لأنه عند الترددات الواطئة جداً تزداد رادة السعـة الى مقدار كبير جداً قد يقطع تيار الدائرة لأن : (رادة السعة تتنـاسب عكسياً مع التردد) .





تصنع المستحيل



نشاط 3

2013 الدور الأول + 2015 الدور الثالث

إشرح نشاط يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر (f) في مقدار رادة السعة (X_C).

أدوات النشاط

أميتر ، فولطميتر، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مُذبذب كهربائي، أسلاك توصيل ، مفتاح كهربائي.

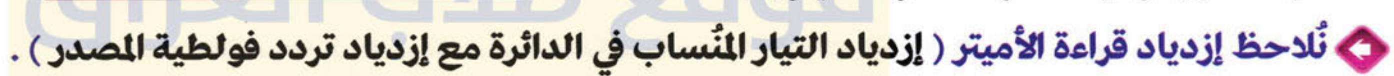
متسعة ذات سعة ثابتة
C
أميتر
فولطميتر
مفتاح كهربائي
مذبذب كهربائي

خطوات النشاط

- نربط الأدوات كما في الشكل المجاور :
- نُغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتاً (بمراقبة قراءة الفولطميتر) .
- نُلاحظ إزدياد قراءة الأميتر (إزدياد التيار المنُساب في الدائرة مع إزدياد تردد فولطية المصدر) .

الإستنتاج

نستنتج من النشاط أن رادة السعة (X_C) تتناسب عكسياً مع تردد فولطية المصدر $(X_C \propto \frac{1}{f})$ بثبوت سعة المتسعة (C) .



نشاط 4

2014 الدور الثاني للنازحين + 2017 الدور الأول

إشرح نشاط يوضح تأثير تغير سعة المتسعة (C) في مقدار رادة السعة (X_C).

أدوات النشاط

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت ، أميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين متغيرة السعة ، مفتاح كهربائي ، أسلاك توصيل ، عازل .



خطوات النشاط

- نربط الأدوات كما في الشكل المجاور :
- نُغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر .



- نزيد مقدار سعة المتسعة تدريجياً (وذلك بإدخال لوح من مادة عازلة كهربائياً بين صفيحتي المتسعة) .
- نُلاحظ إزدياد قراءة الأميتر (إزدياد التيار المُنساب في الدائرة زيادة طردية مع إزدياد سعة المتسعة) .



نستنتج من النشاط أن رادة السعة (X_C) تتناسب عكسياً مع مقدار سعة المتسعة $(X_C \propto \frac{1}{C})$ بثبوت تردد فولطية المصدر .

مثال 3

رُبطت متسعة سعتها ($\frac{4}{\pi}\ \mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($2.5\ V$) ، أحسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة ، إذا كان تردد الدائرة :

1. $5\ Hz$
2. $5 \times 10^5\ Hz$

2	1
$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5\times10^5 (4/\pi)\times10^{-6}} = \frac{1}{4} = 0.25\ \Omega$ $I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{0.25} = 10\ A$	$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 (4/\pi)\times10^{-6}} = \frac{10^6}{40} = 25 \times 10^3\ \Omega$ $I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25\times10^3} = 1\times10^{-4}\ A$

سؤال القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات يساوي صفراً ؟ فسّر ذلك .

الجواب إن المتسعة تُشحن خلال الربع الأول من الدورة ثم تفرغ جميع شحنتها الى المصدر خلال الربع الذي يليه من الدورة ، وبعدها تشحن المتسعة بقطبية مُعاكسة وتتفرغ ، وهكذا بالتعاقب .

سؤال ما سبب كون المتسعة ذات السعة الصرف لا تبدد قدرة في دائرة التيار المتناوب ؟

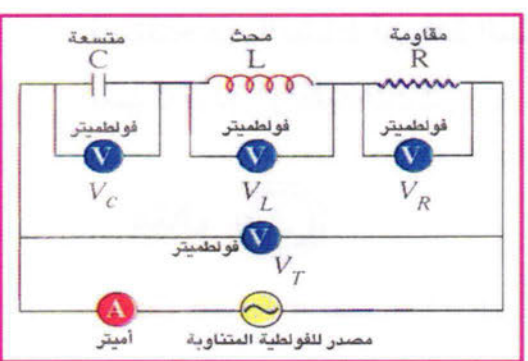
الجواب لعدم توافر مقاومة في الدائرة .



دائرة تيار متناوب متوالية الربط

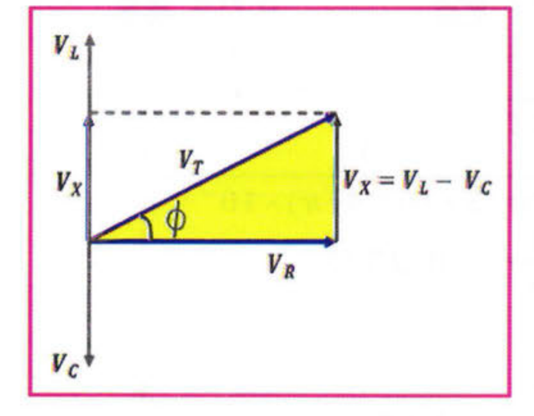
تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف

في هذا النوع من الربط :



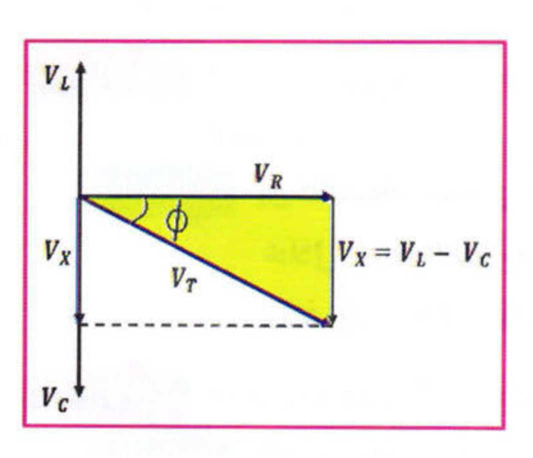
- نتخذ المحور الأفقي x محور إسناد .
- المتجهات الطورية للتيارات (I_R , I_L , I_C) في الدائرة المتوالية الربط تنطبق على المحور x .
- المتجهات الطورية للفولطية (V_R , V_L , V_C) يصنع كل منها زاوية فرق طور (ϕ) مع المحور x .

مخطط الفولطيات



1 إذا كانت $V_L > V_C$ فإن :

- خواص الدائرة حثية وإن فولطية الرادة المحصلة (V_X) موجبة .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار (I) موجبة .
- متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث الفولطية يُرسم في الربع الأول (**نحو الأعلى**) .



2 إذا كانت $V_L < V_C$ فإن :

- خواص الدائرة سعوية وإن فولطية الرادة المحصلة (V_X) سالبة .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار (I) سالبة .
- متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .



- مثلث الفولطية يُرسم في الربع الرابع (**نحو الأسفل**) .

- يمكن حســـاب الفولطية الكلية (المحصلة) (V_T) من مخطط الفولطية وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكمـــا يلي :

$$(V_T)^2 = (V_R)^2 + (V_L - V_C)^2$$

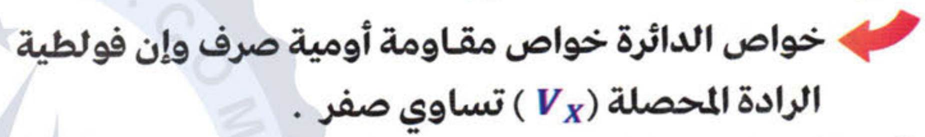
حيث أن :

V_T : الفولطية الكلية للدائرة (الفولطية المحصلة) .

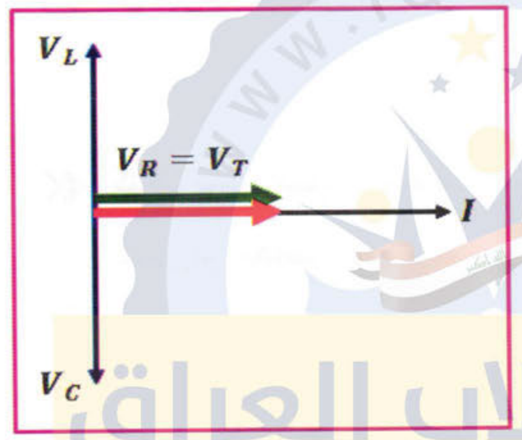
V_X : فولطية الرادة المحصلة وتساوي الفرق بين فولطية الرادتين ($V_X = V_L - V_C$)

- كذلك يمكن حســـاب زاوية فرق الطور (ϕ) بين الفولطية الكلية (المحصلة) وتيار الدائرة من مخطط الفولطية وذلك باستخدام العلاقة التالية :

3 إذا كانت $V_L = V_C$ فإن :



- خواص الدائرة خواص مقاومة أومية صرف وإن فولطية الرادة المحصلة (V_X) تساوي صفر .
- زاويـــة فرق الطور (ϕ) بين متجـــه الطور للفولطيـــة الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار تساوي صفر .
- متجه الطور للفولطيـــة الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار (أي أنهمـــا في طور واحد) .



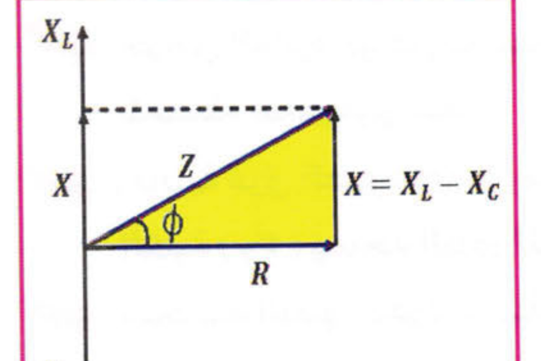
- ومن مخطط الفولطية يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

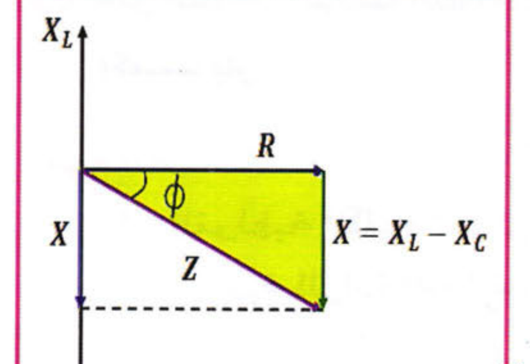
$$Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

مخطط الممانعات

1 إذا كانت $X_L > X_C$ فإن :

- خواص الدائرة حثية وإن الرادة المحصلة (X) موجبـــة .
- زاويـــة فرق الطور (ϕ) بين متجـــه الطور للفولطيـــة الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار (I) موجبة .
- متجـــه الطور للفولطيـــة الكلية يسبق متجـــه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث الممانعـــة يُرسم في الربع الأول (نحو الأعلى) .





2 إذا كانت $X_L < X_C$ فإن :

- خواص الدائرة سعوية وإن الرادة المحصلة (X) سالبة .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار سالبة .
- متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث الممانعة يُرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل) .

◆ من مبرهنة فيثاغورس يمكن حساب الممانعة الكلية (Z) وفقا للعلاقة التالية :

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

» كذلك يمكن حساب زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (المحصلة) ومتجه الطور للتيار من مخطط الممانعة وذلك بتطبيق العلاقة التالية :

$$\tan\phi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

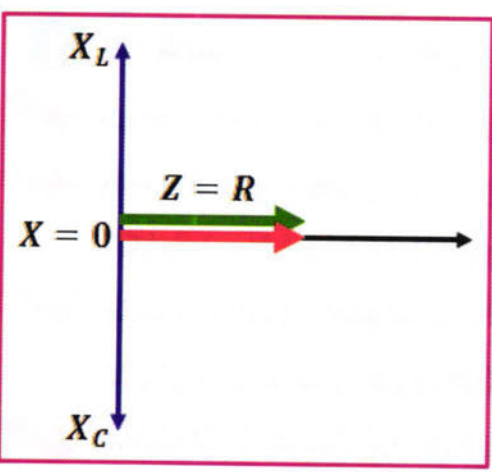
حيث أن :

$$X = X_L - X_C$$

X : الرادة المحصلة ، وهي الفرق بين الرادتين وتقاس بالأوم (Ω) .

◆ ومن مخطط الممانعة يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

$$Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$



3 إذا كانت $X_L = X_C$ فإن :

- خواص الدائرة خواص مقاومة أومية صرف والرادة المحصلة تساوي صفر .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار تساوي صفر .
- متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار (أي أنهما في طور واحد) .

دائرة تيار متناوب متوالية الربط

تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف



- التيار متساوي في عناصر الدائرة ، أي أن : $I_R = I_L = I$

مخطط الفولطيات

- من مثلث الفولطية المجاور يمكن إيجاد الفولطية الكلية وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$V_T^2 = V_R^2 + V_L^2$$

- ويمكن أيجاد زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي بتطبيق العلاقة التالية :

$$\tan\phi = \frac{V_L}{V_R}$$

- ومن مخطط الفولطية يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

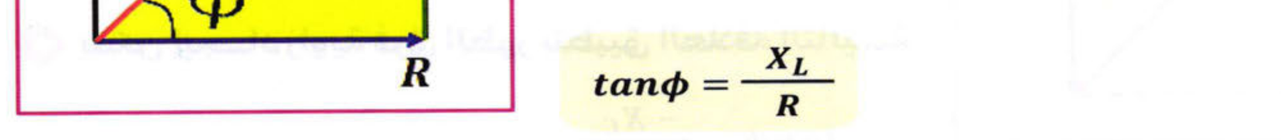
$$Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

مخطط الممانعات

- من مثلث الممانعة المجاور يمكن إيجاد الممانعة الكلية وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

- يمكن إيجاد زاوية فرق الطور بتطبيق العلاقة التالية :



$$\tan\phi = \frac{X_L}{R}$$

- ومن مخطط الممانعة يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

$$Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$



دائرة تيار متناوب متوالية الربط

تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف



- التيار متساوي على عناصر الدائرة ، أي أن : $I_R = I_C = I$

مخطط الفولطيات



- من مثلث الفولطية المجاور يمكن إيجـاد الفولطية الكلية وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$V_T^2 = V_R^2 + V_C^2$$

- ويمكن أيجاد زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي بتطبيق العلاقة التالية :

$$\tan\phi = \frac{-V_C}{V_R}$$



- ومن مخطط الفولطية يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

$$\text{Pf} = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

مخطط الممانعات



- من مثلث الممانعة المجـاور يمكن إيجـاد الممانعـة الكلية وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

- يمكن إيجـاد زاوية فرق الطور بتطبيق العلاقة التاليـة :

$$\tan\phi = \frac{-X_C}{R}$$

- ومن مخطط الممانعة يمكن حساب عامل القدرة (Pf) بتطبيق العلاقة :

$$\text{Pf} = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$



ليكن بعلمك

◆ يمكن تطبيق القوانين التالية (حسب قانون أوم) في حل المسائل :

$$R = \frac{V_R}{I} \Longrightarrow V_R = I.R$$

$$X_L = \frac{V_L}{I} \Longrightarrow V_L = I.X_L$$

$$X_C = \frac{V_C}{I} \Longrightarrow V_C = I.X_C$$

$$Z = \frac{V_T}{I} \Longrightarrow V_T = I.Z$$

مثال 4

ربط ملف معامل حثه الذاتي ($\frac{\sqrt{3}}{\pi}\ mH$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده ($100\ V$) فكانت زاوية فرق الطور ϕ بين مُتجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار ($60°$) ومقدار التيار المنساب في الدائرة ($10\ A$) ، ما مقدار :

1. مقاومة الملف . 2. تردد الدائرة .



1. $$Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{100}{10} = 10\ \Omega$$

نرسم مُخطط طوري للممانعة ، ومنه نحسب R و X_L :

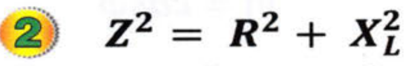
$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$\cos 60° = \frac{R}{10}$$

$$\Rightarrow \quad R = \cos 60 \times 10 = 5\ \Omega$$

2. $$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$(10)^2 = (5)^2 + X_L^2 \quad \Rightarrow \quad X_L^2 = 100 - 25$$



$$X_L^2 = 75 \xrightarrow{\text{بجذر الطرفين}} X_L = 5\sqrt{3}\ \Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad 5\sqrt{3} = 2\pi f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \quad f = 2500\ \ Hz$$



عامل القدرة

القدرة الحقيقية : هي القدرة المستهلكة على طرفي المقاومة وتقاس بالواط (*Watt*) .



يمكن حساب القدرة الحقيقية من العلاقات التالية :

$$P = I_R^2 . R \qquad P_{real} = I_R . V_R$$

ومن مخطط الفولطية فإن :

$$\cos\phi = \frac{V_R}{V_T} \Rightarrow V_R = V_T . \cos\phi$$

وبما أن التيار في ربط التوالي متساوي لذلك : $I_R = I$

$$P_{real} = I . V_T . \cos\phi$$

القدرة الظاهرية : هي القدرة التي يجهزهـــا مصدر التيار المتناوب للدائرة بأكملها وتقاس بالفولط أمبير (*VA*) .



يمكن حساب القدرة الظاهرية من العلاقات التالية :

$$P_{app} = I . V_T$$

$$P_{app} = \frac{P_{real}}{\cos\phi}$$

$$P_{app} = I^2 . Z$$

عامل القدرة : هو النسبة بين القدرة الحقيقية (P_{real}) الى القدرة الظاهرية (P_{app}) .

ويرمز لـه (**Pf**) ، أي أن :

$$\text{Pf} = \cos\phi \qquad \text{Pf} = \frac{I . V_T . \cos\phi}{I . V_T} \qquad \text{Pf} = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

أي أن عامل القدرة (Pf) يساوي جيب تمام (*cos*) زاوية فرق الطور (ϕ) .

ومن مثلث الفولطية فإن : $\cos\phi = \frac{R}{Z}$ كذلك من مثلث الممانعة فإن : $\cos\phi = \frac{R}{Z}$ ، لذلك فإن :

$$\text{Pf} = \cos\phi = \frac{R}{Z} \qquad \text{Pf} = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$



مثال 5

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف ($R - L - C$) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة ($200\ V$) وكانت : ($X_C = 90\ \Omega$, $X_L = 120\ \Omega$, $R = 40\ \Omega$) ، أحسب مقدار :

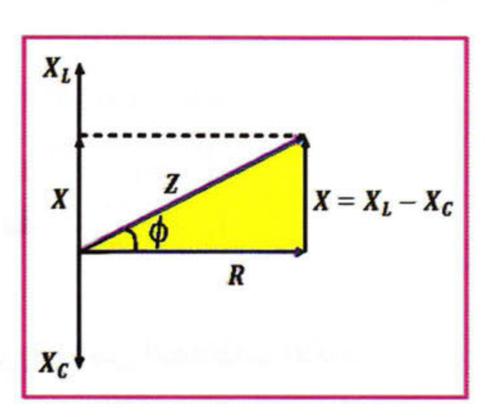
1. الممانعة الكلية .
2. التيار المنساب في الدائرة وارسم المخطط الطوري للممانعة .
3. زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار . وما خصائص هذه الدائرة ؟
4. عامل القدرة .
5. القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة .
6. القدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة) .

الحل

1. $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (40)^2 + (120 - 90)^2$

$Z^2 = 1600 + 900 = 2500 \xrightarrow{\text{بجذر الطرفين}} Z = 50\ \Omega$

2. $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4\ A$



3. $\tan\phi = \frac{(X_L - X_C)}{R}$

$= \frac{120-90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$

$\therefore\ \phi = 37°$ ، للدائرة خصائص حثية لأن : $X_L > X_C$

4. $Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$

5. $P_{real} = I^2 . R$

$= (4)^2 \times 40 = 16 \times 40 = 640\ w$

6. $P_{app} = I . V_T = 4 \times 200 = 800\ VA$

الرنين في دوائر التيار المتناوب


ما الأهمية العملية لدوائر التيار المتناوب ($R-L-C$) المتوالية الربط ؟

الجواب تكمن أهميتها في الطريقة التي تتجاوب فيها هذه الدوائر مع مصادر ذوات ترددات مختلفة والتي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة الى الدائرة بأكبر مقدار .



مميزات دائرة الرنين

1. رادة الحث (X_L) تساوي رادة السعة (X_C) ، لذلك فالرادة المحصلة تساوي صفر ($X=0$) وهذا يجعل ممانعة الدائرة أقل ما يمكن وتساوي المقاومة ($Z=R$) .
2. فولطية الحث (V_L) تساوي فولطية السعة (V_C) ، لذلك فان فولطية الرادة المحصلة تساوي صفر ، أي أن: ($V_T=V_R$) .
3. زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تساوي صفر أي أن متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار متطابقان .
4. عامل القدرة (Pf) يساوي واحد لأن : $Pf=cos\phi=cos0=1$
5. القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية ، أي أن : ($P_{real}=P_{app}$) .
6. تيار الدائرة يكون في مقداره الأعظم ويحسب من العلاقة : $I_r=\frac{V_T}{R}$.
7. القدرة المتوسطة المنتقلة الى الدائرة بأكبر مقدار .
8. نحصل على التردد الزاوي الرنيني (ω_r) والتردد الرنيني (f_r) من العلاقات الآتية :

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}$$

حيث أن :

ω_r : التردد الزاوي الرنيني .

f_r : التردد الرنيني .


كيف يمكن تغيير التردد الرنيني في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على مقاومة ومحث ومتسعة ($R-L-C$) ؟

الجواب بتغيير التردد الرنيني للدائرة إما بتغيير سعة المتسعة (C) أو بتغيير مُعامل الحث الذاتي (L) للمحث .

سؤال مهم جداً من شرط الرنين الكهربائي ، أثبت أن : $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

الجواب

$\because \quad X_L = X_C \Rightarrow \omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \omega_r^2 L C = 1$

$\therefore \quad \omega_r^2 = \frac{1}{L C} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{L C}}$



عامل النوعية

نطاق التردد الزاوي : هو الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة .

أي أن :

$$\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1$$

حيث أن :

$\Delta \omega$: نطاق التردد الزاوي .

ω_2, ω_1 : قيمتي التردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي الرنيني (ω_r) عندما تهبط القدرة المتوسطة الى نصف مقدارها الأعظم .

سؤال علامَ يتوقف نطاق التردد الزاوي ؟

الجواب يتوقف على :

1. مقاومة الدائرة ، حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي طرديا مع المقاومة .
2. معامل الحث الذاتي للمحث، حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي عكسياً مع معامل الحث الذاتي للمحث .

سؤال ماذا يحصل عندما تهبط القدرة المتوسطة الى نصف مقدارها الأعظم في الدوائر الرنينية المتوالية الربط ؟

الجواب نحصل على قيمتين للتردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي الرنيني وهما (ω_2, ω_1) وإن الفرق بينهما يمثل نطاق التردد الزاوي .

سؤال متى تتحقق حالة الرنين في دوائر التيار المتناوب المتوالية الربط ($R - L - C$) ؟

الجواب تتحقق حالة الرنين عندما يكون التردد الزاوي للدائرة مساوياً للتردد الرنيني ، أي أن : ($\omega = \omega_r$) وعندها تكون القدرة المتوسطة (P_{av}) في مقدارها الأعظم .

عامل النوعية (Qf) : هو النسبة بين التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) .

أي أن :

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \Rightarrow Qf = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{R}{L}} \Rightarrow Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

سؤال ماذا يحصل عندما تكون مقاومة دائرة الرنين المتوالية الربط صغيرة المقدار ؟

الجواب يصبح منحني القدرة عالياً وحاداً ، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي صغيراً وعندئذ يكون عامل النوعية لهذه الدائرة عالياً .

سؤال ماذا يحصل عندما تكون مقاومة دائرة الرنين المتوالية الربط كبيرة المقدار ؟

الجواب يصبح منحني القدرة المتوسطة واسعاً (عريضاً) ومقداره صغير ، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي كبيرا وعندئذ يكون عامل النوعية لهذه الدائرة واطئاً .



سؤال مهم جداً أثبت أن عامل النوعية يُعطى بالعلاقة التالية : $Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

الجواب

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \Rightarrow Qf = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{R}{L}}$$

$$Qf = \frac{1}{R} \times \frac{L}{\sqrt{L\,C}} = \frac{1}{R} \times \frac{\sqrt{L}\times\sqrt{L}}{\sqrt{L\,C}}$$

$$\therefore\ Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$



الثبات على الهدف

مثال 6

دائرة تيار متنـــاوب متواليــة الربط تحتوي مقــاومة صرف ($R = 500\,\Omega$) ومحث صرف ($L = 2\,H$) ومتسعــة ذات سعــة صرف ($C = 0.5\,\mu F$) ومذبذباً كهربــائياً مقدار فرق الجهد بين طرفيه ($100\,V$) ثابتاً والدائرة في حالة رنين ، أحسب مقدار :

1. التردد الــزاوي الرنيني .
2. رادة الحث ورادة السعة والرادة المُحصلة .
3. التيار المنساب في الدائرة .
4. الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة) .
5. زاوية فرق الطور بين الفولطية الكليــة والتيار ، وعــامل القدرة .



1) $$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2\times0.5\times10^{-6}}} = 1000\,rad/sec$$

2) $$X_L = \omega_r L = 1000 \times 2 = 2000\,\Omega$$
$$X_c = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} = 2000\ \Omega$$
$$X = X_L - X_C = 2000 - 2000 = 0$$

3) بما أن الدائرة في حالة رنين ، فإن الممانعة الكلية : $Z = R$
$$I_r = \frac{V}{Z} = \frac{100}{500} = 0.2\ \Omega$$

4) $$V_R = I\,.\,R = 0.2 \times 500 = 100\,V$$
$$V_L = I\,.\,X_L = 0.2 \times 2000 = 400\,V$$
$$V_C = I\,.\,X_C = 0.2 \times 2000 = 400\,V$$
$$V_X = V_L - V_c = 400 - 400 = 0$$

5) $$\tan\phi = \frac{X}{R} = 0 \quad \Rightarrow \quad \phi = 0$$
$$\text{Pf} = \cos\phi = \cos 0 = 1$$

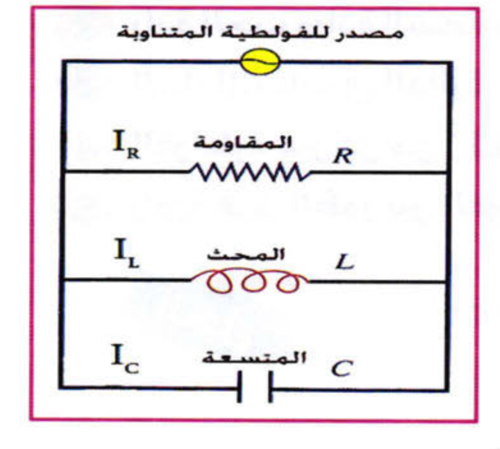


دائرة رنينية متوالية الربط تتألف من محث صرف معـــامل حثه الذاتي ($\frac{2}{\pi}\,H$) ومتسعة ذات سعــة صرف ومقـــاومة صرف مقدارهـــا ($10\,\Omega$) ومذبذب كهربـــائي فرق الجهد بين طرفيه ($40\,V$) وكـــان عامل النوعية في الدائرة (20) ، إحسب مقدار :

1. التردد الرنيني .
2. الرادتين الحثية والسعوية .
3. ممانعة الدائرة .
4. القدرة المستهلكة في الحمل .

دائرة تيار متناوب متوازية الربط

تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف

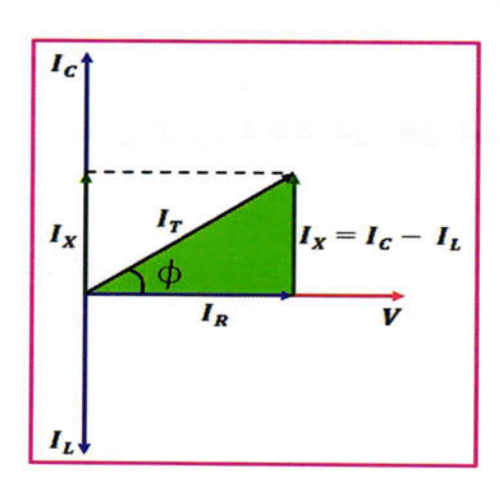


في هذا النوع من الربط :

- نتخذ المحور الأفقي X محور إسناد .
- المتجهات الطورية للفولطيات (V_R, V_L, V_C) في الدائرة المتوازية الربط مُنطبقة على المحور X .
- المتجهات الطورية للتيارات (I_R, I_L, I_C) يصنع كل منها زاوية فرق طور ϕ مع المحور X .

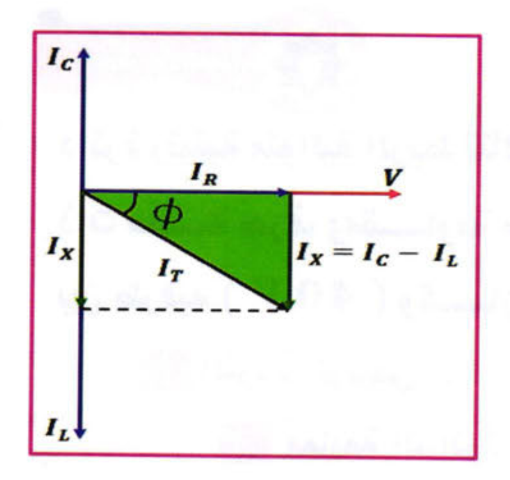
مخطط التيارات

1 إذا كان $I_C > I_L$ فإن :



- خواص الدائرة سعوية وإن تيار الرادة المحصلة (I_X) موجب .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للتيار الكلي (I_T) ومتجه الطور للفولطية (V) موجبة .
- متجه الطور للتيار الكلي (I_T) يسبق متجه الطور للفولطية (V) بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث التيار يرسم في الربع الأول (نحو الأعلى) .

2 إذا كان $I_C < I_L$ فإن :



- خواص الدائرة حثية وإن تيار الرادة المحصلة (I_X) سالب .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للتيار الكلي (I_T) ومتجه الطور للفولطية (V) سالبة .
- متجه الطور للتيار الكلي (I_T) يتأخر عن متجه الطور للفولطية (V) بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث التيار يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل) .

يمكن حساب التيار الكلي (المحصل) (I_T) بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2$$

$$I_X = I_c - I_L$$

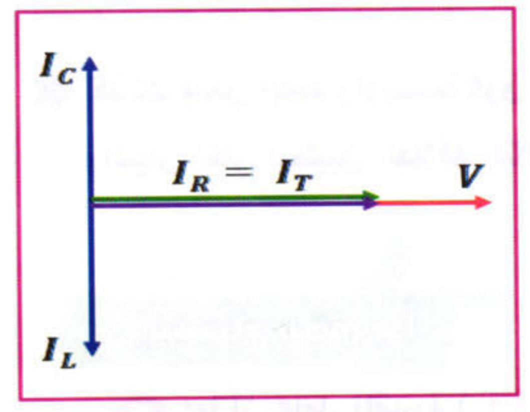
حيث أن :

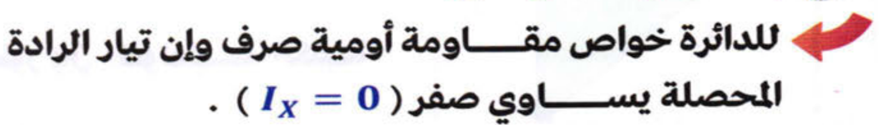
I_X : تيار الرادة المحصل ويساوي الفرق بين تيار الرادتين .

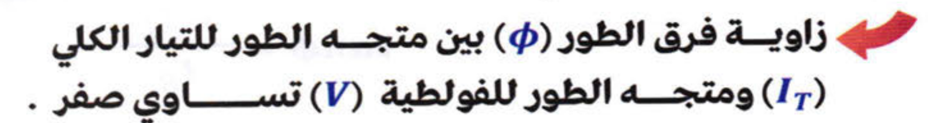
يمكن حساب زاوية فرق الطور (ϕ) بين الفولطية الكلية (V_T) (المحصلة) وتيـــار الدائرة (I_T) من مخطط التيارات وذلك باستخدام العلاقة الآتية :

$$\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$$


3 إذا كان $I_C = I_L$ فإن :




للدائرة خواص مقـــاومة أومية صرف وإن تيار الرادة المحصلة يســـاوي صفر ($I_X = 0$) .

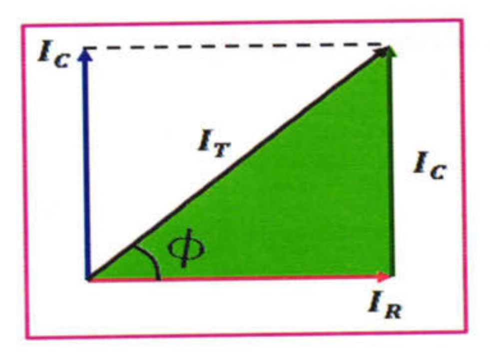

زاويـــة فرق الطور (ϕ) بين متجـــه الطور للتيار الكلي (I_T) ومتجـــه الطور للفولطية (V) تســـاوي صفر .

متجـــه الطور للتيـــار الكلي (I_T) ينطبق على متجـــه الطـــور للفولطية (V) (أي أنهمـــا في طور واحد) .

دائرة تيار متناوب متوازية الربط

تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف


الفولطية متساوية لعناصر الدائرة ، أي أن : $V_R = V_C = V$



من مثلث التيار المجـاور يمكن إيجاد التيار الكلي وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

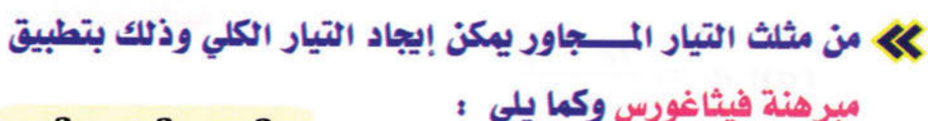
$$I_T^2 = I_R^2 + I_C^2$$

كذلك يمكن إيجاد زاويـــة فرق الطور بين الفولطيـــة الكليـــة والتيار الكلي بتطبيق العلاقة التالية :

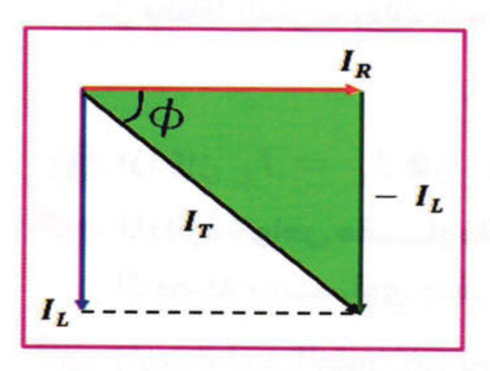
$$\tan\phi = \frac{I_C}{I_R}$$

دائرة تيار متناوب متوازية الربط

تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف



- الفولطية متساوية لعناصر الدائرة ، أي أن : $V_R = V_L = V$



- من مثلث التيار المـــجاور يمكن إيجاد التيار الكلي وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وكما يلي :

$$I_T^2 = I_R^2 + I_L^2$$

- كذلك يمكن إيجاد زاويـــة فرق الطور بين الفولطيـــة الكلية والتيار الكلي بتطبيق العلاقة التالية :

$$tan\phi = \frac{-I_L}{I_R}$$



إستنتاج مهم جداً

- بما أن عامل القدرة (Pf) يساوي ($cos\phi$) ومن المخطط الطوري للتيارات في ربط التوازي فإن : ($cos\phi = \frac{I_R}{I_T}$)

لذلك فإن عامل القدرة في دائرة ربط التوازي يمكن حسابه وفقا للعلاقة التالية :

$$Pf = cos\phi = \frac{I_R}{I_T}$$

وبما أن (I_R) و (I_T) يُعطيان بالعلاقتين الآتيتين (وفقاً لقانون أوم) :

$$I_R = \frac{V}{R} \quad , \quad I_T = \frac{V}{Z}$$

وبالتعويض في معادلة عامل القدرة نحصل على :

$$Pf = cos\phi = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{V}{Z}} = \frac{V}{R} \times \frac{Z}{V}$$

$$Pf = cos\phi = \frac{Z}{R}$$



مثال 7

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف R ومتسعة ذات سعة صرف C ومحث صرف L) مربوطة جميعاً مع بعضها على التوازي ، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($240\ V$) وكان مقدار المقاومة ($80\ \Omega$) ورادة الحث ($20\ \Omega$) ورادة السعة ($30\ \Omega$) ، أحسب مقدار :

1. التيار المنساب في كل فرع من فروع الدائرة .
2. التيار الرئيس المنساب في الدائرة مع رسم المخطط الإتجاهي الطوري للتيارات .
3. الممانعة الكلية في الدائرة .
4. زاوية فرق الطور بين المخطط الطوري للتيار الكلي والمخطط الطوري لفرق الجهد ، وما هي خصائص هذه الدائرة ؟
5. عامل القدرة .
6. كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة) .

الحل

1. بما أن الربط على التوازي ، فإن : $V_R = V_L = V_C = V_T = 240\ V$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{240}{80} = 3\ A$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{240}{30} = 8\ A$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{240}{20} = 12\ A$$

2. $$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{3^2 + (8-12)^2} = \sqrt{25} = 5\ A$$

3. $$Z = \frac{V}{I_{total}} = \frac{240}{5} = 48\ \Omega$$

4. $$\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{8-12}{3} = -\frac{4}{3}$$

$$\therefore\ \phi = -53°$$

للدائرة خصائص حثية لأن زاوية فرق الطور ϕ بين متجه الطور للتيار الرئيس وفرق جهد الدائرة تقع في الربع الرابع

5. $$P.f = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$$

6. $$P_{real} = I_R \cdot V_R = 3 \times 240 = 720\ Watt$$

$$P_{app} = I_T \cdot V_T = 5 \times 240 = 1200\ VA$$

أسئلة الفصل الثالث

سؤال 1 إختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 دائرة تيار متناوب متوالية الربط ، الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو لعدد صحيح من الدورات :

- ✗ يساوي صفراً ، ومتوسط التيار يساوي صفراً .
- ✗ يساوي صفراً ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم للتيار .
- ✓ نصف المقدار الأعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي صفراً .
- ✗ نصف المقدار الأعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم للتيار .

التوضيح : القدرة المتوسطة $P_{av} = \frac{I_m V_m}{2}$ ومتوسط التيار (I_{av}) يساوي صفراً لدورة كاملة أو لعدد صحيح من الدورات الكاملة في دوائر التيار المتناوب ، فهو دالة جيبية .

2 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ لا يمكن أن يكون فيها :

- ✗ التيار خلال المتسعة متقدماً على التيار خلال المحث بفرق طور $(\phi = \pi)$.
- ✗ التيار خلال المتسعة متقدماً على التيار خلال المقاومة بفرق طور $(\phi = \frac{\pi}{2})$.
- ✓ التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه $(\phi = 0)$.
- ✗ التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور $(\phi = \frac{\pi}{2})$.

التوضيح : في الدائرة المذكورة آنفا إذا كان مقدار I_C أكبر من مقدار I_L فإن للدائرة خصائص سعوية ، فيكون عندئذ متجه الطور للتيار الكلي I_T متقدم على متجه الطور للفولطية V بزاوي فرق طور ϕ موجبة .
وإذا كان I_C أصغر من I_L فإن للدائرة خصائص حثية ، فإن متجه الطور للتيار الكلي I_T متأخر عن متجه الطور للفولطية V بزاوي فرق طور ϕ سالبة .

3 دائرة تيار متناوب ، تحتوي مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار ، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار ، عند إزدياد تردد الفولطية المذبذب :

- ✓ يزداد مقدار التيار في الدائرة .
- ✗ يقل مقدار التيار في الدائرة .
- ✗ ينقطع التيار في الدائرة .
- ✗ أي من العبارات السابقة ، يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة .

التوضيح : عند إزدياد فولطية المذبذب (بثبوت فرق الجهد) تقل رادة السعة ، لأن :

$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

فيزداد مقدار التيار في الدائرة .

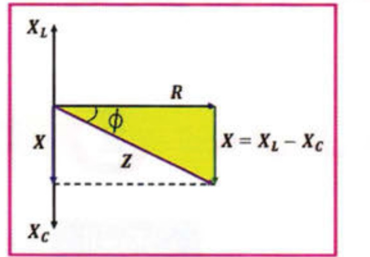
$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_C \ \alpha \ \frac{1}{f}$

$I_C = \frac{V_C}{X_C} \Rightarrow I_C \ \alpha \ \frac{1}{X_C}$

4 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثاً صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ ، فإن جميع القدرة في هذه الدائرة :

- ✔ تتبدد خلال المقاومة .
- ✘ تتبدد خلال المتسعة .
- ✘ تتبدد خلال المحث .
- ✘ تتبدد خلال العناصر الثلاث في الدائرة .

5 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثاً صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ ، ومذبذب كهربائي ، عندما يكون تردد المذبذب أصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة ، فإنها تمتلك :



- ✘ خواص حثية ، بسبب كون : $X_L > X_C$
- ✘ خواص سعوية ، بسبب كون : $X_C < X_L$
- ✘ خواص أومية خالصة ، بسبب كون : $X_L = X_C$
- ✔ خواص سعوية ، بسبب كون : $X_C > X_L$

التوضيح : عندما يقل التردد ويكون أصغر من التردد الرنيني $(f < f_r)$

يزداد مقدار رادة السعة لأن :

$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_C \ \alpha \ \frac{1}{f}$

ويقل مقدار رادة الحث لأن : $(X_L = 2\pi f L \Rightarrow X_L \alpha f)$

وعندئذ تكون $(X_C > X_L)$ وبهذا فإن : (الفولطية الكلية V_T تتأخر عن التيار بزاوية فرق طور ϕ سالبة تقع في الربع الرابع ، فللدائرة خصائص سعوية) .

6 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثاً صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة بأصغر مقدار وتيار هذه الدائرة بأكبر مقدار ، فإن عامل القدرة فيها :

- ✘ أكبر من الواحد الصحيح .
- ✘ أقل من الواحد الصحيح .
- ✘ يساوي صفراً .
- ✔ يساوي واحد صحيح .

التوضيح : عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة بأصغر مقدار وتيار هذه الدائرة بأكبر مقدار ، فإن هذه الدائرة في حالة رنين ، فعند التردد الرنيني تكون الرادة المحصلة (X) تساوي صفر ، لأن :

$X_L = X_C \Rightarrow X = X_L - X_C = 0$

$\therefore \ tan\,\phi = \frac{X}{R} = \frac{0}{R} \Rightarrow \phi = 0$

$\therefore \ Pf = cos\,\phi = cos\,0 = 1$



7 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محثاً صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ تكون لهذه الدائرة خواص حثية إذا كانت :

- ✗ رادة الحث X_L أكبر من رادة السعة X_C .
- ✓ رادة السعة X_C أكبر من رادة الحث X_L .
- ✗ رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .
- ✗ رادة السعة X_C أصغر من المقاومة .

التوضيح : في دائرة التيار المتناوب متوازية الربط ، وتمتلك خواصاً حثّية يجب أن نبرهن أن مقدار التيار المنساب في فرع المحث (I_L) أكبر من مقدار التيار المنساب في فرع المتسعة (I_C) .

فعلى وفق قانون أوم فإن : $\left(X_L = \frac{V}{I_L} \; , \; X_C = \frac{V}{I_C}\right)$

وعندما تكون $(X_C > X_L)$ فيكون $\left(\frac{V}{I_C} > \frac{V}{I_L}\right)$ وعندئذ $\left(\frac{1}{I_C} > \frac{1}{I_L}\right)$ وبالتالي يكون $(I_L > I_C)$

وهذا يعني أن للدائرة خواصاً حثّية .



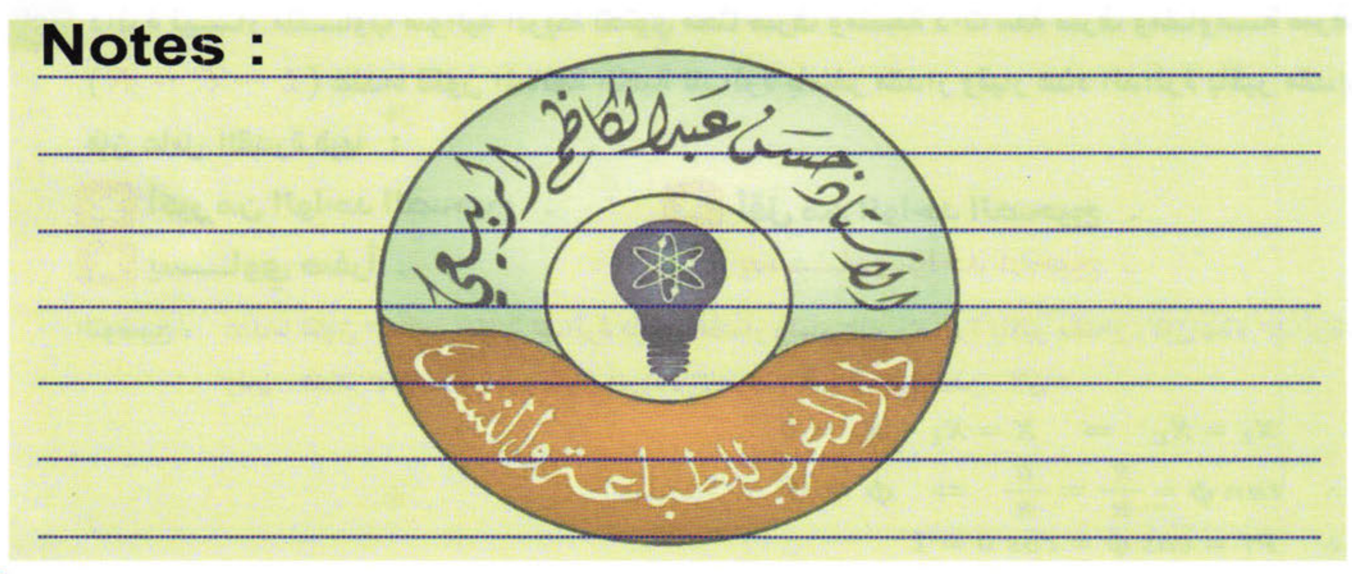
أثبت أن كل من رادة الحث ورادة السعة تقاس بالأوم .

الجواب

$$X_L = 2\pi f L = Hz \,.\, Henry = \left(\frac{1}{sec}\right) . \left(\frac{Volt \,.\, sec}{Amper}\right) = \frac{Volt}{Amper} = ohm\ (\Omega)$$

$$X_c = \frac{1}{2\,\pi\,f\,C} = \frac{1}{Hz\,.Farad} = \frac{1}{(1/sec)\,.\,(Coulomb/Volt)} = \frac{sec\,.Volt}{Amper\,.sec} = \frac{Volt}{Amper} = Ohm\ (\Omega)$$

Notes :





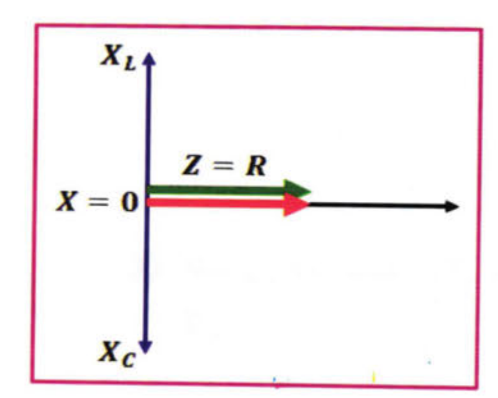
سؤال 3 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R - L - C$) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتها مع مصدراً للفولطية المتناوبة ، ما العلاقة بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات الآتية :

a) رادة الحث تساوي رادة السعة ($X_L = X_C$) .
b) رادة الحث أكبر من رادة السعة ($X_L > X_C$) .
c) رادة الحث أصغر من رادة السعة ($X_L < X_C$) .

الجواب

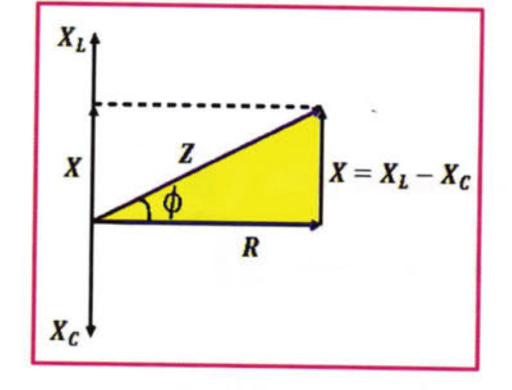
a) عندما ($X_L = X_C$) فإن :

متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد ، أي أن : ($\phi = 0$) والدائرة لها خصائص مقاومة صرف (أومية) وهي حالة الرنين الكهربائي .



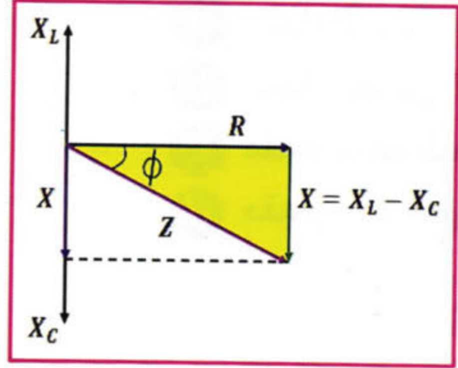
b) عندما ($X_L > X_C$) فإن :

متجه الطور للفولطية الكلية يتقدم على متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ϕ موجبة ، أي أن : ($\frac{\pi}{2} > \phi > 0$) وتكون للدائرة خصائص حثّية .



c) عندما ($X_L < X_C$) فإن :

متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ϕ سالبة ، أي أن : ($-\frac{\pi}{2} < \phi < 0$) وتكون للدائرة خصائص سعوية .



سؤال 4 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R-L-C$) مربوطة على التوالي مع بعضها ، وربطت مجموعتها مع مصدر للفولطية المتناوبة .

وضّح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السعة ، إذا تضاعفت التردد الزاوي للمصدر .

الجواب

- مقدار المقاومة R لا يتغير مع تغير التردد الزاوي (ω) .
- مقدار رادة الحث X_L يتضاعف بمضاعفة التردد الزاوي ، أي الى (2ω) ، لأن :-

$$X_L = \omega L$$

$$X_L \propto \omega \qquad (L) \text{ بثبوت}$$

$$\frac{X_{L2}}{X_{L1}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{2\omega_1}{\omega_1} = 2$$

$$\therefore \frac{x_{L2}}{X_{L1}} = 2 \quad \Rightarrow \quad \therefore \quad X_{L2} = 2\,X_{L1}$$

- مقدار رادة السعة X_C تقل الى نصف ما كانت عليه بمضاعفة التردد الزاوي ، أي الى (2ω) ، لأن :-

$$X_C = \frac{1}{\omega\, C}$$

$$X_C \propto \frac{1}{\omega} \qquad (C) \text{ بثبوت}$$

$$\frac{X_{C2}}{X_{C1}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega_1}{2\,\omega_1} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \frac{X_{C2}}{X_{C1}} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad \therefore \quad X_{C2} = \frac{1}{2}\,X_{C1}$$

سؤال 5 علامَ يعتمد مقدار كل مما يأتي :

1 المانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R-L-C$) .

الجواب يعتمد مقدار المانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ($R-L-C$) على :-

a. مقدار المقاومة (R) .
b. مقدار معامل الحث الذاتي للمحث (L) .
c. مقدار سعة المتسعة (C) .
d. مقدار تردد الفولطية (f) .

وذلك وفق العلاقة :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$$




2 عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

الجواب يعتمد مقدار عامل القدرة (Pf) لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي $(R - L - C)$ على :-

نسبة القدرة الحقيقية P_{real} الى القدرة الظاهرية P_{app} ، لأن : $Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$

أو يعتمد على قيـــاس زاوية فرق الطور ϕ بين $(I\ ,\ V_T)$ ، أو يعتمد على $(Z\ ,R)$

لأن : $Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$

3 عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

الجواب يعتمد مقدار عـــامل النوعيـــة (Qf) على النسبـــة بين مقداري التردد الزاوي (ω_r) ونطاق التردد الزاوي $(\Delta\,\omega)$ ، لأن :- $Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\,\omega}$

أو يعتمد على مقدار المقاومة (R) وعلى معامل الحث الذاتي (L) وعلى سعة المتسعة (C) ،

على وفق العلاقة الآتية :- $Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

سؤال 6 مـــا الذي تمثله كل من الأجزاء الموجبة والأجزاء الســالبة في منحني القدرة الآنية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط :



1 محث صرف .

2 متسعة ذات سعة صرف .

الجواب

1 **محث صرف** : الأجــزاء الموجبة من المنحني تُمثل مقدار القدرة المختزنة في المجــال المغناطــيسي للمحث عندمـــا تُنقل القدرة من المصدر الى المحث ، والأجـــزاء السالبـــة من المنحني تُمثل مقدار القدرة المُعــادة للمصدر عندما تُعاد جميع هذه القدرة الى المصدر .

2 **متسعة ذات سعة صرف** : الأجــزاء الموجبــة من المنحني تُمثل مقدار القدرة المختزنــة في المجــال الكهربــائي بين صفيحتي المتسعة عندمـــا تُنقل القدرة من المصدر الى المتسعة ، والأجزاء السالبة من المنحني تُمثل مقدار القدرة المُعــادة للمصدر عندما تُعــاد جميع هذه القدرة الى المصدر .

سؤال 7 أجب عن الأسئلة الآتية :

a لماذا يُفضّل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسنت ولا تُستعمل مقاومة صرف ؟

الجواب لأن المحث عندما يكون صرف لا يستهلك (لا يُبدد) قدرة ($P_{dissipated} = 0$) ، بينما المقاومة تستهلك (تُبدد) قدرة ($P_{dissipated} = I^2 R$) .

b ما هي مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومذبذب كهربائي ؟

الجواب مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية : -

1. ترددها (f) يساوي التردد الزاوي الرنيني (f_r) وهذا يجعل ($X_L = X_C$) وعندئذٍ تكون الرادة المحصلة ($X = X_L - X_C = 0$) وكذلك تكون ($V_L = V_C$) وعندئذٍ تكون ($V = V_L - V_C = 0$) .
2. تمتلك خواص مقاومة أومية صرف ، لأن : ($Z = R$) .
3. متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) يكونان بطور واحد ، أي أن زاوية فرق الطور (ϕ) بينهما تساوي صفراً .
4. عامل القدرة (Pf) يساوي الواحد الصحيح ، لأن : $Pf = \cos\phi = \cos 0 = 1$
5. مقدار القدرة الحقيقية (P_{real}) يساوي مقدار القدرة الظاهرية (P_{app}) ، لأن :

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{P_{real}}{P_{app}} \quad \Rightarrow \quad P_{real} = P_{app}$$

6. التيار المنساب فيها يكون بأكبر مقدار لأن ممانعتها (Z) تكون بأقل مقدار ، ويعتمد مقدار التيار على مقدار المقاومة ($I_r = \frac{V}{R}$) .

c ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب) ، إذا كان الحمل فيها يتألف من :

1. مقاومة صرف .
2. محث صرف .
3. متسعة ذات سعة صرف .
4. ملف ومتسعة والدائرة متوالية الربط ليست في حالة رنين .

الجواب عندما يكون الحمل :

1. مقاومة صرف : $Pf = \cos\phi = \cos 0 = 1$

السبب // متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد ، أي أن : ($\phi = 0$) .

2 محث صرف : $Pf = cos\,\phi = cos\,90 = 0$

السبب // متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\phi = 90$) ،
وتوجد معاكسة لتغير التيار (رادة الحث) : $X_L = 2\pi fL$

3 متسعة ذات سعة صرف : $Pf = cos\,\phi = cos\,90 = 0$

السبب // متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور لفولطية بزاوية فرق طور ($\phi = 90$) ،
وتوجد معاكسة لتغير التيار (رادة السعة) : $X_C = \frac{1}{2\pi fL}$

4 ملف ومتسعة والدائرة ليست في حالة رنين : $0 < Pf < 1$ لأن زاوية فرق الطور (ϕ)
تكون : $0 < \phi < 90°$

السبب // توجد ممانعة كلية بالدائرة (Z) وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادة .

سؤال 8 ما المقصود بكل من :

1 عامل القدرة . 2 عامل النوعية .
3 المقدار المؤثر للتيار المتناوب .

الجواب

1 عامل القدرة : هو نسبة القدرة الحقيقية P_{real} الى القدرة الظاهرية P_{app} .

2 عامل النوعية : هو نسبة التردد الزاوي الرنيني ω_r الى نطاق التردد الزاوي $\Delta\omega$.

3 المقدار المؤثر للتيار المتناوب : هو مقدار التيار في دائرة التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو إنساب خلال مقاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها .

من أسرار النجاح ...
تحدي صعوبة البداية

سؤال 9 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R - L - C$) على التوالي مع بعضها ربطت المجموعة مع مصدر للفولطية المتناوبة وكانت الدائرة في حالة رنين ، وضّح ما خصائص هذه الدائرة ؟ وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار إذا كان تردد الزاوي :

a) أكبر من التردد الزاوي الرنيني .
b) أصغر من تردده الزاوي الرنيني .
c) يساوي التردد الزاوي الرنيني .

الجواب

a) عندما ($\omega > \omega_r$) تكون للدائرة خصائص حثية وزاوية فرق الطور ϕ موجبة وتقع في الربع الأول ، متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم على متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ϕ ، وهذا يجعل ($V_L > V_C$) .

b) عندما ($\omega < \omega_r$) تكون للدائرة خصائص سعوية وزاوية فرق الطور ϕ سالبة وتقع في الربع الأول ، متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتأخر على متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ϕ ، وهذا يجعل ($V_L < V_C$) .

c) عندما ($\omega = \omega_r$) تكون للدائرة خصائص مقاومة أومية صرف وزاوية فرق الطور $\phi = 0$ وعندها يكون متجه الطور للفولطية (V_T) منطبقاً على متجه الطور وهذا يجعل ($V_L = V_C$) ، وتسمى مثل هذه الدائرة بالدائرة الرنينية .

سؤال 10 ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدراً للتيار المتناوب . عند أي من الترددات الزاوية العالية أم الواطئة يكون المصباح أكثر توهجاً ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهجاً (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ؟ وضّح ذلك .

الجواب

» عند الترددات الزاوية العالية تقل X_C فيزداد التيار في الدائرة ، لذا يكون المصباح أكثر توهجاً .
» عند الترددات الزاوية الواطئة تزداد X_C فيقل التيار في الدائرة ، لذا يكون المصباح أقل توهجاً .

$$\therefore \; X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \Rightarrow \quad X_C \propto \frac{1}{\omega} \quad \text{بثبوت } C$$

$$\therefore \; I_C = \frac{V}{X_C} \quad \Rightarrow \quad I_C \propto \frac{1}{X_C} \quad \Rightarrow \quad I_C \propto \omega \quad \text{بثبوت } C$$





سؤال 11 ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدراً للتيار المتناوب . عند أي من الترددات الزاوية العالية أم الواطئة يكون المصباح أكثر توهجاً ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهجاً (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ؟ وضّح ذلك .

الجواب
- عند الترددات الزاوية العالية تزداد X_L فيقل التيار في الدائرة ، لذا يكون المصباح أقل توهجاً .
- عند الترددات الزاوية الواطئة تقل X_L فيزداد التيار في الدائرة ، لذا يكون المصباح أكثر توهجاً .

$$X_L = \omega L \quad \Rightarrow \quad \therefore \quad X_L \propto \omega \qquad \text{بثبوت } L$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} \quad \Rightarrow \quad \therefore \quad I_L \propto \frac{1}{X_L} \qquad \text{بثبوت } L$$

مسائل الفصل الثالث

سؤال 1

مصدر للفولطية المتناوبة ، ربط بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها ($250\ \Omega$) ، فرق الجهد بين طرفي المصدر يعطى بالعلاقة التالية : $V_R = 500 \sin (200\pi t)$

1. أكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة .
2. إحسب المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار .
3. إحسب تردد الدائرة والتردد الزاوي للدائرة .

الحل

1. $$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{500}{250} = 2\ A$$
$$I_R = I_m \sin (\omega t) \quad \Rightarrow \quad I_R = 2 \sin (200\,\pi t)$$

2. $$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{500}{1.414} = 353.3\ V$$
$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{2}{1.414} = 1.414\ A$$

3. $$\omega t = 200\,\pi t \quad \Rightarrow \quad \omega = 200\,\pi = 200 \times 3.14 = 628\ rad/s$$
$$\omega = 2\,\pi\,f \quad \Rightarrow \quad f = \frac{\omega}{2\,\pi} = \frac{200\,\pi}{2\,\pi} = 100\ Hz$$

سؤال 2

مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت ($1.5\ V$) إذا تغير تردده من ($1\ Hz$) الى ($1\ MHz$) ، أحسب مقدار كل من ممانعة الدائرة وتيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب :

1. مقاومة صرف فقط ($R = 30\ \Omega$) .
2. متسعة ذات سعة صرف فقط ($C = \frac{1}{\pi}\ \mu F$) .
3. محث صرف فقط معامل حثه الذاتي ($L = \frac{50}{\pi}\ mH$) .

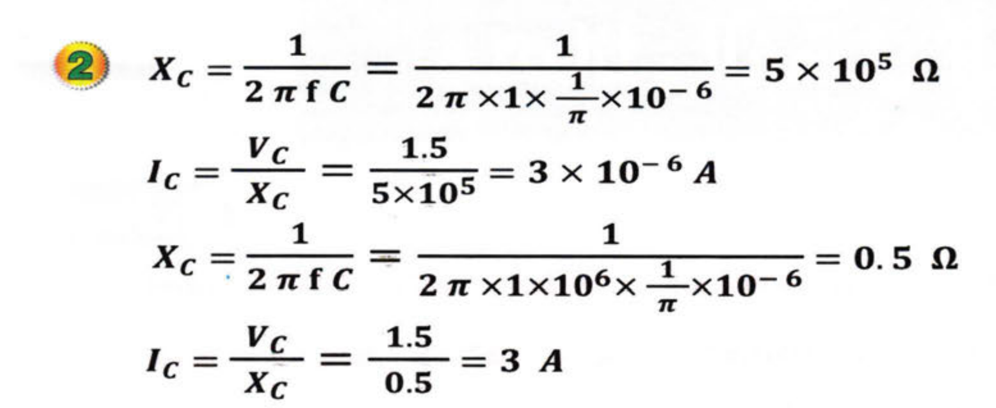
الحل



(1)

$$R = 30\ \Omega$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{1.5}{30} = 0.05\ A$$



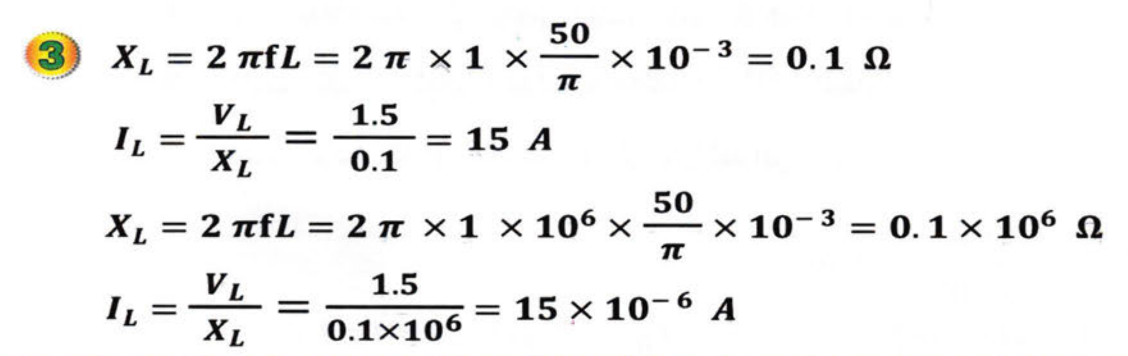
(2)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 5 \times 10^5\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{1.5}{5 \times 10^5} = 3 \times 10^{-6}\ A$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^6 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 0.5\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{1.5}{0.5} = 3\ A$$



(3)

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 0.1\ \Omega$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{1.5}{0.1} = 15\ A$$

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times 10^6 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 0.1 \times 10^6\ \Omega$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{1.5}{0.1 \times 10^6} = 15 \times 10^{-6}\ A$$







سؤال 3

ربط ملف بين قطبي بطاريـــة فرق الجهد بينهمـا ($20\ V$) وكان تيار الدائرة ($5\ A$) ، فـإذا فصل الملف عن البطـارية وربط بين قطبي مصدر للفولطيـــة المتناوبة المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيـه ($20\ V$) بتردد ($\frac{700}{22}\ Hz$) كان تيـار هذه الدائرة ($4\ A$) ، إحسب مقدار :

1. **معامل الحث الذاتي للملف .**
2. **زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة .**
3. **عامل القدرة .**
4. **كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .**



عند ربط الملف الى المصدر المستمر (البطارية) فإن :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$

وعند ربط الملف الى المصدر المتناوب فإن :

(1)

$$Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{20}{4} = 5\ \Omega$$

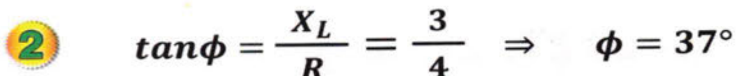
$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad \Rightarrow \quad (5)^2 = (4)^2 + X_L^2$$

$$X_L^2 = 25 - 16 = 9 \quad \xrightarrow{\text{بجذر الطرفين}} \quad X_L = 3\ \Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{3}{2 \times \frac{22}{7} \times \frac{700}{22}} = 0.015\ H$$

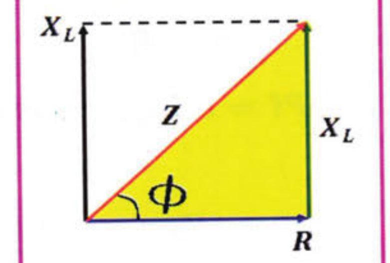
(2)

$$tan\phi = \frac{X_L}{R} = \frac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad \phi = 37°$$



المخطط الطوري للممانعة





(3)

$$Pf = cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8$$

(4)

$$P_{real} = I_R^2 . R = 16 \times 4 = 64\ W$$

$$P_{app} = I_T . V_T = 4 \times 20 = 80\ VA$$

Notes :





سؤال 4

مقاومة صرف مقدارها ($150\ \Omega$) ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي ($0.2\ H$) ومتسعة ذات سعة صرف ، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده ($\frac{500}{\pi}\ Hz$) وفرق الجهد بين طرفيه ($300\ V$) ، إحسب مقدار :

1. سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة ($150\ \Omega$) .
2. عامل القدرة في الدائرة وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
3. أرسم المخطط الطوري للممانعة .
4. تيار الدائرة .
5. كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة) .

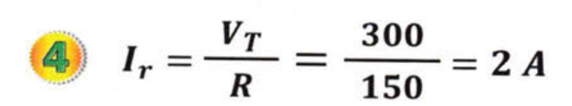


1. بما أن : $Z = R = 500\ \Omega$ ، فإن الدائرة في حالة رنين

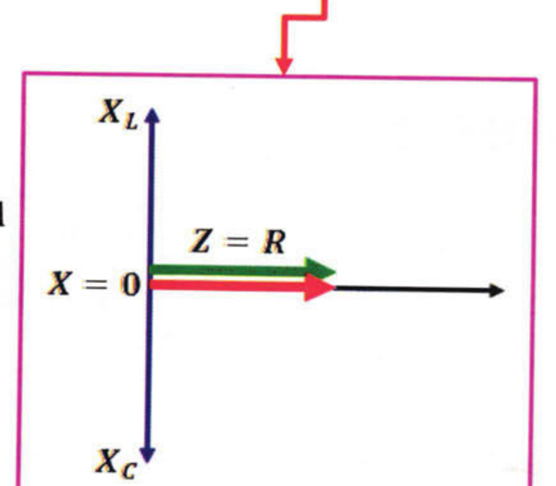
$$\therefore\ f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \xrightarrow{\text{بتربيع الطرفين}} f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$\therefore\ C = \frac{1}{4\pi^2 L f_r^2} = \frac{1}{4\pi^2 \times 0.2 \times \frac{250000}{\pi^2}} = \frac{1}{200000} = 5\times10^{-6} = 5\ \mu F$$

2. بما أن الدائرة في حالة رنين تكون زاوية فرق الطور ($\phi = 0$) ، فإن :


$$Pf = cos\phi = cos\,0 = 1$$

3. المخطط الطوري للممانعة



4. $$I_r = \frac{V_T}{R} = \frac{300}{150} = 2\ A$$

5. $$P_{real} = I^2 . R = 4 \times 150 = 600\ W$$

$$P_{app} = I_T . V_T = 2 \times 300 = 600\ VA$$



سؤال 5

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها ($20\ \mu F$) ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($100\ V$) بتردد ($\frac{100}{\pi}\ Hz$) ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة ($80\ W$) وعامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خصائص حثية ، إحسب :

1. التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة .
2. التيار الكلي .
3. زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .
4. معامل الحث الذاتي للمحث .

الحل

« بما أن الدائرة متوازية الربط ، فإن :

$$V_T = V_R = V_L = V_C = 100\ V$$

1

$$P_{real} = I_R\,.V_R \quad \Rightarrow \quad I_R = \frac{P_{real}}{V_R} = \frac{80}{100} = 0.8\ A$$

$$X_C = \frac{1}{2\,\pi\, f\, C} = \frac{1}{2\,\pi \times \frac{100}{\pi} \times 20\times10^{-6}} = \frac{1}{4000\times10^{-6}} = 250\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{100}{250} = 0.4\ A$$

2

$$Pf = cos\phi = \frac{I_R}{I_T} \quad \Rightarrow \quad I_T = \frac{I_R}{Pf} = \frac{0.8}{0.8} = 1$$

3

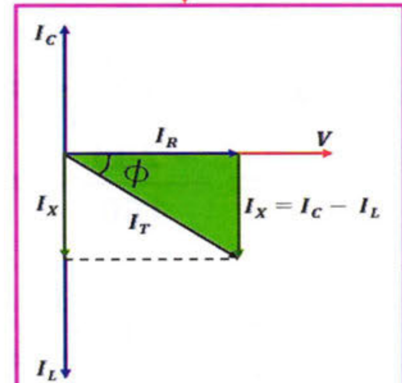
$$I_T^2 = I_R^2 + (\,I_C - I_L)^2 \quad \Rightarrow \quad 1 = 0.64 + (I_C - I_L)^2$$

$$\therefore\ (I_C - I_L)^2 = 1 - 0.64 = 0.36 \xrightarrow{\text{بجذر الطرفين}} (I_C - I_L) = 0.6$$

$(I_C - I_L) = -0.6\ A$ « بما أنه للدائرة خواص حثية ، فإن :

$$tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{-0.6}{0.8} = \frac{-3}{4} \quad \Rightarrow \quad \phi = -37°$$





4

$$(I_C - I_L) = -\ 0.6 \quad \Rightarrow \quad 0.4 - I_L = -\ 0.6$$

$$\therefore\ I_L = 0.4 + 0.6 = 1$$

$$X_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\ \Omega$$

$$X_L = 2\,\pi\, f\, L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{2\,\pi\, f} = \frac{100}{2\,\pi \times \frac{100}{\pi}}$$

$$L = 0.5\ H$$

سؤال 6

مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي ($400\ rad/s$) وفرق الجهد بين قطبيه ($500\ V$) ربط بين قطبيه على التوالي [متسعة سعتها ($10\ \mu F$) وملف معامل حثه الذاتي ($0.125\ H$) ومقاومته ($150\ \Omega$)] ، ما مقدار :

1. الممانعة الكلية وتيار الدائرة .
2. فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .
3. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار ، وما هي خصائص هذه الدائرة .
4. عامل القدرة .



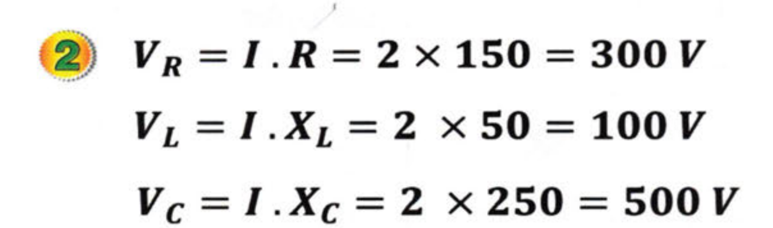
1. $X_L = \omega L = 400 \times 0.125 = 50\ \Omega$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = 250\ \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (150)^2 + (50 - 250)^2$$

$$= 22500 + 40000 = 62500 \xrightarrow{\text{بجذر الطرفين}} Z = 250\ \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{Z} = \frac{500}{250} = 2\ A$$

2. 

$V_R = I \,.\, R = 2 \times 150 = 300\ V$

$V_L = I \,.\, X_L = 2 \times 50 = 100\ V$

$V_C = I \,.\, X_C = 2 \times 250 = 500\ V$



3. $$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{50 - 250}{150}$$

$$= \frac{-200}{150} = \frac{-4}{3} \Rightarrow \phi = -53^\circ$$

وخصائص الدائرة سعوية

4. $$Pf = \frac{R}{Z} = \frac{150}{250} = 0.6$$

سؤال 7

دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقـاومته ($500\ \Omega$) ومتسعة متغيرة السعة ، عندما كان مقدار سعتها ($50\ nF$) ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها ($400\ V$) بتردد زاوي ($10^4\ rad/s$) ، كانت القدرة الحقيقية (المستهلكة) في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) ، احسب مقدار :

1. معامل الحث الذاتي للملف وتيار الدائرة .
2. كل من رادة الحث ورادة السعة .
3. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما مقدار عامل القدرة .
4. عامل النوعية للدائرة .
5. سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\frac{\pi}{4}$) .



« بما أن القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية ، فإن الدائرة في حالة رنين .

1 $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L\,C}} \xrightarrow{\text{بتربيع الطرفين}} \omega_r^2 = \frac{1}{L\,C}$

$\therefore\ L = \frac{1}{\omega_r^2 \cdot C} = \frac{1}{10^8 \times 50 \times 10^{-9}} = \frac{1}{5} = 0.2\ H$

« بما أن الدائرة في حالة رنين ، فإن : $Z = R$

$\therefore\ I_r = \frac{V_T}{R} = \frac{400}{500} = 0.8\ A$

2 $X_C = \frac{1}{\omega_r\,C} = \frac{1}{10^4 \times 50 \times 10^{-9}} = \frac{1}{5 \times 10^{-4}} = \frac{1 \times 10^4}{5} = 2000\ \Omega$

$X_L = X_C = 2000\ \Omega$ ← لأن الدائرة في حالة رنين

3 $\phi = 0 \quad \Rightarrow \quad Pf = 1$

4 $Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{500} \times \sqrt{\frac{0.2}{50 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{500} \times \sqrt{\frac{1}{25 \times 10^{-8}}}$

$= \frac{1}{500} \times \frac{1}{5 \times 10^{-4}} = \frac{1}{500} \times \frac{1 \times 10^4}{5} = \frac{1}{500} \times 2000 = 4$

5 $tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$

بما أن متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار ، فهذا يعني أن الزاوية في الربع الرابع فنعوض عن ϕ بقيمة سالبة ، أي أن :

$tan\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{2000 - X_C}{500} \quad \Rightarrow \quad -1 = \frac{2000 - X_C}{500}$

$-500 = 2000 - X_C \quad \Rightarrow \quad X_C = 2000 + 500 = 2500\ \Omega$

$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{10^4 \times 2500} = \frac{1 \times 10^{-6}}{25} = 0.04 \times 10^{-6}\ F$





إختبر نفسك

الدور الأول 2013

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(\frac{500}{\pi}\mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100\,V)$ بتردد $(50\,Hz)$ كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(400\,W)$ وعامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خواص سعوية ، إحسب مقدار :

1. التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة .
2. التيار الكلي .
3. زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

الدور الثاني 2013

مقاومة $(60\,\Omega)$ ربطت على التوازي مع متسعة ذات سعة خالصة وربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد $(100\,Hz)$ فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة $(48\,\Omega)$ والقدرة الحقيقية $(960\,W)$ ، فما مقدار :

1. سعة المتسعة .
2. عامل القدرة في الدائرة .
3. القدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة) .
4. أرسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

الدور الثالث 2013

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه $(100\,V)$ بتردد $(50\,Hz)$ وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة $(400\,W)$ ومقدار رادة السعة $(20\,\Omega)$ ومعامل الحث الذاتي للمحث $(\frac{1}{2\pi}\,H)$ ، إحسب مقدار :

1. التيار المنساب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة وفي فرع المحث والتيار الرئيسي في الدائرة .
2. أرسم مخطط المتجهات الطورية .
3. قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيسي ومتجه الطور للفولطية وماهي خواص الدائرة
4. عامل القدرة في الدائرة .
5. الممانعة الكلية في الدائرة .

التمهيدي 2014

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته $(10\ \Omega)$ ومعامل حثه الذاتي $(\frac{1}{\pi}H)$ ومقاومة صرف مقدارها $(50\ \Omega)$ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة تردده $(50\ Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(200\ V)$ وكان مقدار عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خواص حثية ، إحسب :

1. التيار في الدائرة .
2. سعة المتسعة .
3. أرسم مخطط الممانعة وإحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه .

الدور الأول 2014

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي(مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدراً للفولطية المتناوبة وكان مقدار رادة الحث $(40\ \Omega)$ ومقدار رادة السعة $(32\ \Omega)$ وكانت القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة $(1920\ W)$ ومقاومة الدائرة $(120\ \Omega)$ ، إحسب مقدار :

1. فولطية المصدر .
2. تيار الدائرة .
3. ممانعة الدائرة .
4. التيار المنساب في كل من فرع المتسعة وفرع المحث .
5. أرسم مخطط المتجهات الطورية .

الدور الثاني 2014

دائرة تيار متناوب متوالية الربط فيها ملف مقاومته $(20\ \Omega)$ ومتسعة سعتها $(50\ \mu F)$ ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها $(100\ V)$ بتردد $(\frac{100}{\pi}\ Hz)$ وكانت القدرة الحقيقية (المستهلكة) في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) إحسب مقدار :

1. معامل الحث الذاتي للملف ، وتيار الدائرة .
2. رادة الحث ، رادة السعة .
3. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .
4. عامل القدرة .

الدور الثاني 2014 النازحين

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملفا مقاومته $(30\ \Omega)$ ومعامل حثه الذاتي $(0.01\ H)$ ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة ترددها $(\frac{500}{\pi}\ Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيها $(200\ V)$ وكان عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خصائص سعوية ، إحسب مقدار :

1. التيار في الدائرة .
2. سعة المتسعة .
3. أرسم مخطط الممانعة وإحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .



الدور الثالث 2014

مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي $(100\pi\ rad/s)$ وفرق الجهد بين قطبيه $(100\ V)$ ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها $(\frac{50}{\pi}\mu F)$ وملف معامل حثه الذاتي $(\frac{1.6}{\pi}\ H)$ ومقاومته $(30\ \Omega)$ ، إحسب مقدار :

1. الممانعة الكلية وتيار الدائرة .
2. فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .

التمهيدي 2015

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف معامل حثه الذاتي $(\frac{1}{\pi}\ H)$ ومقاومته $(5\ \Omega)$ ومتسعة مقدار سعتها $(\frac{1}{\pi}\ \mu F)$ فإذا وضعت على الدائرة فولتية متناوبة مقدارها $(10\ V)$ أصبحت الدائرة في حالة رنين ، إحسب مقدار :

1. التردد الرنيني .
2. تيار الدائرة .
3. عامل القدرة .
4. القدرة الظاهرية .
5. أرسم مخطط الممانعة للدائرة الرنينية .

الدور الثاني 2015

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملفاً مقاومته $(40\ \Omega)$ ومعامل حثه الذاتي $(\frac{1}{\pi}\ H)$ ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة تردده $(50\ Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(100\ V)$ كان مقدار عامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خصائص حثية ، إحسب مقدار :

1. التيار في الدائرة .
2. رادة السعة للمتسعة .

الدور الثالث 2015

ربط ملف بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة ، المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه $(200\ V)$ بتردد $(50\ Hz)$ وكان تيار الدائرة $(2\ A)$ ومقاومة الملف $(60\ \Omega)$ ، إحسب مقدار :

1. معامل الحث الذاتي للملف .
2. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة ؟
3. القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

التمهيدي 2016

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف مقدارها ($6\ \Omega$) ومتسعة صرف رادة السعة لها ($10\ \Omega$) ومحث صرف رادة الحث له ($18\ \Omega$) والمجموعة مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة ($50\ V$) ، إحسب مقدار :

1. الممانعة الكلية .
2. التيار المنساب في الدائرة .
3. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه التيار .
4. أرسم المخطط الطوري للممانعة ، وما خصائص هذه الدائرة ؟
5. عامل القدرة .



الدور الأول 2016

دائرة تيار متناوب متوالية الربط فيها ملف مقاومته ($500\ \Omega$) ومتسعة سعتها ($0.5\ \mu F$) ومصدر للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه ($100\ V$) بتردد زاوي ($1000\ rad/s$) فكانت الممانعة الكلية للدائرة ($500\ \Omega$) ، جد مقدار :

1. كل من رادة الحث ورادة السعة .
2. زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .
3. سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\frac{\pi}{4}$) .

الدور الثاني 2016

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على محث ومقاومة صرف مقدارها ($30\ \Omega$) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة تردده ($50\ Hz$) وفرق الجهد بين طرفيه ($100\ V$) وكان مقدار القدرة الحقيقية في الدائرة ($120\ W$) ومقدار رادة الحث ($160\ \Omega$) وللدائرة خصائص سعوية ، جد مقدار :

1. التيار في الدائرة .
2. سعة المتسعة .
3. أرسم مخطط الممانعة وأحسب مقدار قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .

الدور الثالث 2016

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها ($\frac{7}{22}\,mF$) ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($60\ V$) بتردد ($50\ Hz$) ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة ($180\ W$) وعامل القدرة (0.6) وللدائرة خصائص سعوية ، إحسب مقدار :

1. التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة .
2. التيار الكلي .
3. زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

الدور الأول 2017

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ($50\ \Omega$) ومحث معامل حثه الذاتي ($\frac{1}{5\pi}\ H$) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة بتردده ($100\ Hz$) فكانت القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة ($3200\ W$) وعامل القدرة (0.8) وللدائرة خواص سعوية ، إحسب مقدار :

1. فولطية المصدر .
2. التيار الرئيس في الدائرة والتيار المنساب في فرع المحث وفي فرع المتسعة .
3. قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

الدور الثالث 2017

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها ($\frac{1}{5000\,\pi}\ F$) ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوب فرق الجهد بين طرفيه ($400\ V$) بتردد ($100\ Hz$) ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة ($3200\ W$) وعامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خواص سعوية ، إحسب مقدار :

1. التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة .
2. التيار الكلي .
3. زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .



المثالي في الفيزياء

حسن عبد الكاظم الربيعي

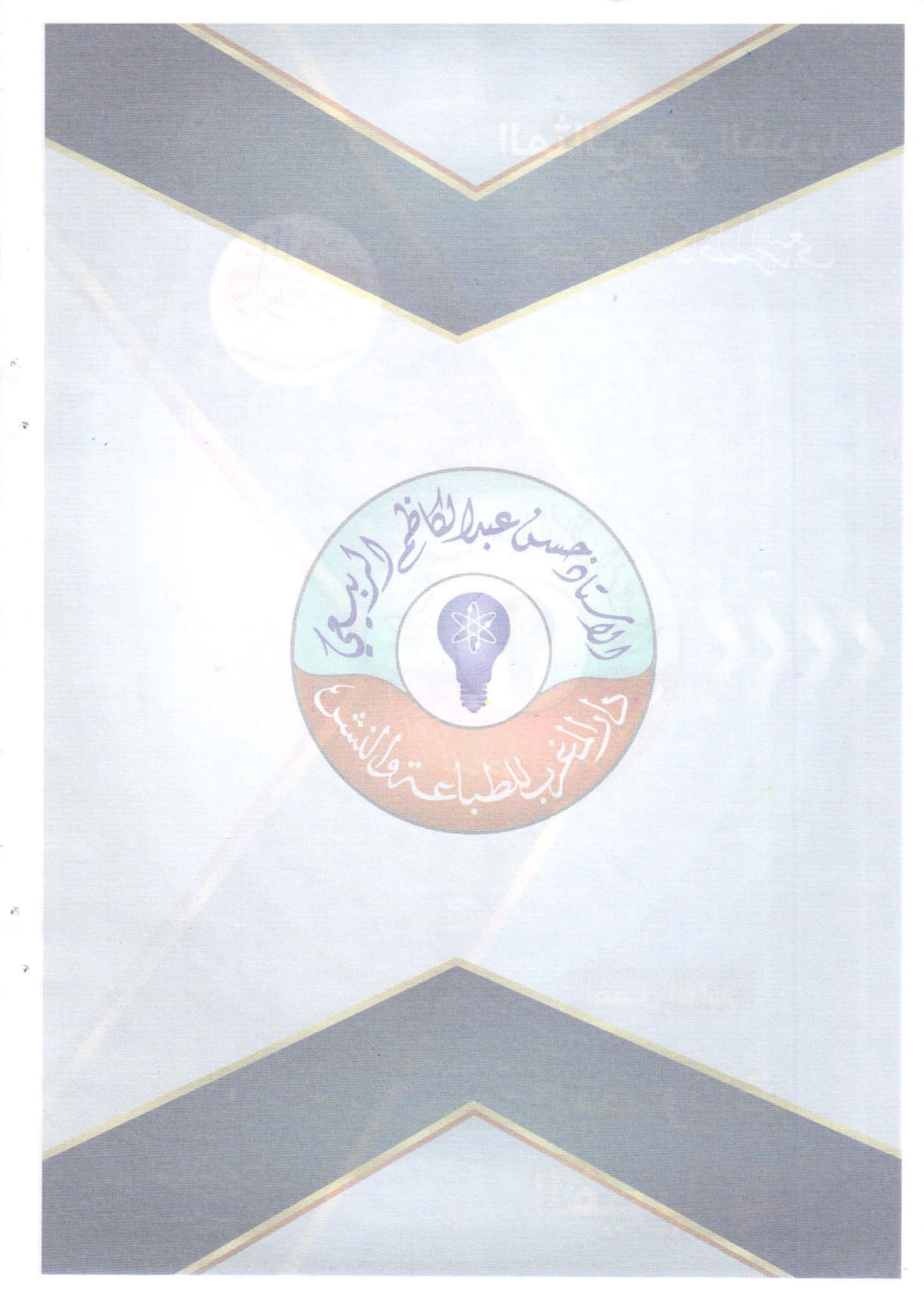




الفصل الرابع

البصريات الفيزيائية

ملازم دار المغرب


المهندس حسن عبد الكاظم الربيعي

الفصل الرابع

البصريات الفيزيائية

سؤال ما نوع المجال الذي تولده شحنة كهربائية ساكنة ؟

الجواب تولد مجال كهربائي (كهروستاتيكي) .

سؤال مـاذا يحصل إذا تحركت (تعجلت) شحنة كهربائية ؟

الجواب يتولد مجال مغناطيسي إضافة الى مجالها الكهربائي .

المجالين الكهربائي والمغناطيسي متلازمـــــان ، فإذا تغير أي منهمـا يتولد مجالاً من النوع الاخر بحيث يكون المجال المتغير يكـــافئ في تأثيره للمجال المتولد وعمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .

الموجات الكهرومغناطيسية : هي موجـــــات مستعرضة تنتج من تغير المجالين الكهربائي والمغناطيسي ويكون كلاهمـــا عمودياً على خط إنتشـــــار الموجة بحيث تتوزع طـاقة الموجة بالتســـاوي على المجالين.

الطيف الكهرومغناطيسي : مدى واسع من الأطوال الموجية (الترددات) والتي بضمنها الضوء المرئي ، تختلف عن بعضهـــا البعض تبعاً لطريقة توليدهـــــا ومصدرهـــا وتقنية الكشف عنها وقابلية إختراقهـــا الأوساط .

سؤال ما أهم خصائص الموجــــات الكهرومغناطيسية ؟

الجواب

1. تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها.
2. تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن وبمستويين متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط إنتشار الموجة ويتذبذبان بالطور نفسه .
3. هي موجــــات مستعرضة ، لأن المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان عمودياً على خط إنتشار الموجة الكهرومغناطيسية .
4. تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وعند إنتقالها في وسط مادي تقل سرعتهـــا تبعاً للخصائص الفيزيائية لذلك الوسط ، وتتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية ويمكن توليد بعضا منها بوساطة مولد الذبذبات .
5. تتوزع طاقة الموجة الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي .

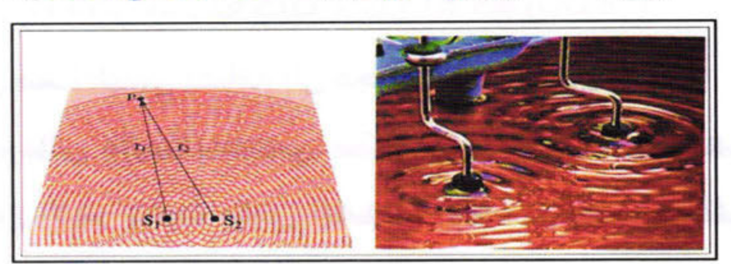
نشاط 1 إشرح نشاطاً يوضح مفهوم تداخل الموجات .

أدوات النشاط

جهاز حوض المويجات ، مُجهز قدرة ، هزّاز ، نقّار ذو رأسين مُدببين بمثابة مصدرين (S_1, S_2) يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول الموجي نفسه .

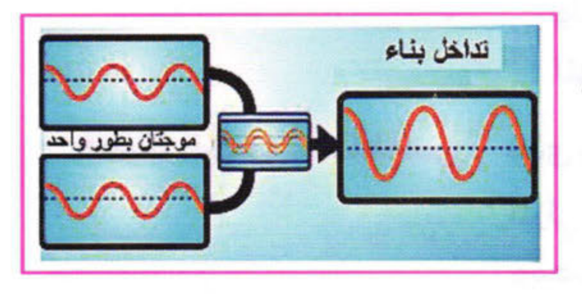
خطوات النشاط

- نُعِد جهاز حوض المويجات للعمل ثم نجعل طرفا النقار يمُس سطح الماء في الحوض .
- عند إشتغال الهزاز نُشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن إهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين (S_1, S_2) (لاحظ الشكل أدناه) .

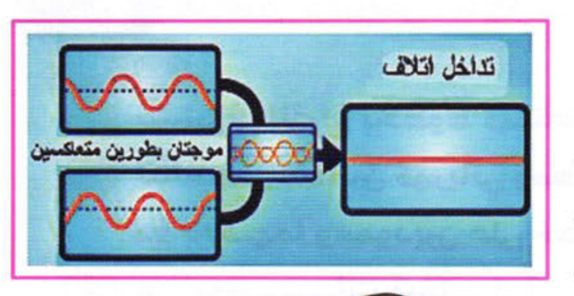


الإستنتاج

من مشاهدتنا للتداخل الحاصل للموجات عند سطح الماء يتضح لنا أن هناك نوعين من التداخل ، هما :



التداخل البنّاء // ويحصل بين موجتين لهما نفس السعة والطور عند نقطة معينة ، حيث تتحد الموجتين في تلك النقطة لتقوي إحداهما الأخرى ، فتكون سعة الموجة الناتجة ضعف سعة أي من الموجتين الأصليتين ، وينتج هذا التداخل من تراكب قمتين أو قعرين لموجتين ينتج عنهما تقوية ((لاحظ الشكل المجاور)) .



التداخل الإتلاف // ويحصل من إتحاد سلسلتين من الموجات المتساوية بالسعة والمتعاكسة في الطور عند نقطة معينة ، فإن تأثير إحداهما يمحو تأثير الأخرى أي أن سعة الموجة الناتجة تساوي (صفر) وهو ناتج من تراكب قمّة موجة مع قعر موجة أخرى ((لاحظ الشكل المجاور)) .



التحدي ... وقود النجاح



تداخل الضوء : هو ظاهرة إعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين أو أكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند إنتشارهما بمستوٍ واحد وتتجهان نحو نقطةٍ واحدة في آنٍ واحد .

سؤال متى يحصل (مـا هي شروط حصول) التداخل المُستديم بين موجتين ؟

الجواب يحصل في الحالات الآتية :

1) إذا كانت الموجتـــان متشاكهتين .
2) إذا كان إهتزازهما في مستوي واحد وفي وسط واحد ويتجهان نحو نقطةٍ واحدة وفي آنٍ واحد .

سؤال مـــا هو المبدأ الذي على أساسه يحصل تداخل موجات الضوء ؟

الجواب يتم تداخل الضوء على وفق تراكب الموجـــات ، حيث تكون إزاحة الموجة المحصلة عند أية لحظة تساوي حاصل جمع إزاحتي الموجتين المتراكبتين عند اللحظة نفسها .

2013 التمهيدي + 2014 الدور الاول - للنازحين

سؤال ما المقصود بالموجات المُتشاكهة في الضوء ؟

الجواب هي الموجـــات المتساوية في التردد والمتســـــاوية في السعة وفرق الطور بينها ثابت .

طول المسار البصري : هو الإزاحة التي يقطعهـا الضوء في الفراغ بالزمن نفسه للإزاحة التي يقطعهـــا في الوسط المادي الشفاف .

فرق المسار البصري

◆ **لحساب الفرق في طول المسار البصري بين موجتين ضوئيتين تنبعثان بطور واحد عن المصدرين (S_1 , S_2) والواصلتين الى النقطة (P) نُطبق العلاقة الآتية :**

$$\Delta \ell = \ell_2 - \ell_1$$

حيث أن :

$\Delta \ell$: فرق المسار البصري بين الموجتين .

ℓ_1 : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر (S_1) والواصلة الى النقطة (P) .

ℓ_2 : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر (S_2) والواصلة الى النقطة (P) .

العلاقة بين
فرق الطور بين موجتين وفرق المسار البصري بينهما

إن فرق الطور (Φ) بين الموجتين الواصلتين الى النقطة (P) يحدده فرق المسار البصري بين الموجتين على وفق العلاقة الآتية :

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell$$

كذلك يمكن حساب فرق المسار البصري بين الموجتين الضوئيتين بعد معرفة نوع التداخل بينهما عند النقطة (P) وكالآتي :

1. عندمـــا يكون التداخل بنّاءً بين الموجتين الضوئيتين المتشاكهتين والمنبعثتين من المصدرين (S_1 , S_2) فإن فرق المسار البصري بينهما يُعطى بالعلاقة الآتية :

شرط التداخل البنّاء

$$\Delta \ell = m \lambda \quad , \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots ....$$

وهذا يعني أن التداخل البنّــــاء في نقطة يحصل من إتحاد سلسلتين من الموجات الضوئية المتشـــاكهة عندمـــا يكون فرق المســـار البصري بينهمـــا صفراً أو أعداداً صحيحة من طول الموجة ، أي أن :

$$\Delta \ell = 0 \ , \ 1\lambda \ , \ 2\lambda \ , \ 3\lambda \ , ...$$

فيكون فرق الطور (Φ) بينهما يســـــاوي صفراً أو أعداداً زوجية من ($\pi\ rad$) ، أي أن :

$$\Phi = 0 \ , \ 2\pi \ , \ 4\pi \ , \ 6\pi \ , \ .... rad$$

2. عندمـــا يكون التداخل إتلاف بين الموجتين الضوئيتين المتشاكهتين والمنبعثتين من المصدرين (S_1 , S_2) فإن فرق المسار البصري بينهمـــا يُعطى بالعلاقة الآتية :

شرط التداخل الإتلاف

$$\Delta \ell = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad , \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

وهذا يعني أن التداخل الإتلاف في نقطة يحصل من إتحـــاد سلسلتين من الموجات الضوئية المتشـــاكهة عندمـــا يكون فرق المسار البصري بينهمـــا أعداداً فرديةً من نصف طول الموجة ، أي أن :

$$\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda \ , \ \frac{3}{2}\lambda \ , \ \frac{5}{2}\lambda$$

فيكون فرق الطور (Φ) بينهما يساوي صفراً أو أعداداً فردية من ($\pi\ rad$) ، أي أن :

$$\Phi = \pi \ , \ 3\pi \ , \ 5\pi \ , \ 7\pi \ , \ .... rad$$

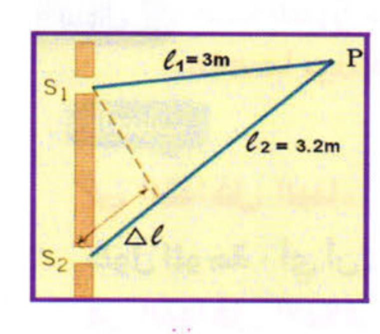


ملاحظات مهمة

1. **التداخل البنّـــاء** في نقطة ناتج من تراكب قمتين أو قعرين لموجتين بحيث أن سعة الموجة الناتجة تساوي ضعف سعة أي من الموجتين الأصليتين .
2. **التداخل الإتلاف** في نقطة ناتج عن تراكب قمـــة موجة مع قعر موجة أخرى بحيث أن سعة الموجة الناتجة تســـاوي صفر .

مثال 1

في الشكل المجاور مصدران (S_2 , S_1) مُتشاكهان يبعثان موجـــات ذات طول موجي ($\lambda = 0.1\ m$) وتتداخل الموجـــات الصـــادرة عنهـــا عند النقطة P في آنٍ واحد ، مـــا نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندمـــا تقطع إحدى الموجتين مســـاراً بصريـــاً مقداره ($3.2\ m$) والأخرى مســـارً بصرياً مقداره ($3\ m$) ؟





الحل

لمعرفة نوع التداخل الحاصل بين الموجتين
يتطلب إيجاد (m) من شرطي التداخل التاليين :

$$\Delta \ell = m\lambda$$

$$\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

فرق المسار البصري : $\Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2\ m$

الإحتمال الأول $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$$\Rightarrow \quad 0.2 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad 2 = m + \frac{1}{2}$$

$$\therefore \quad m = 1\frac{1}{2}$$

وهذا لا يحقق شرط التداخل الإتلاف لأن قيم (m) يجب أن تكون أعداداً صحيحة مثل ($0, 1, 2, 3, \dots$)

الإحتمال الثاني $\Delta \ell = m\lambda$

$$0.2 = m \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad m = 2$$

وعليه يكون التداخل بنّاءً لأن : $m = 0, 1, 2, 3, \dots\dots$

سؤال ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين مُتشاكهتين متداخلين في حالة :

2014 الدور الثالث

(1) التداخل البنّاء . (2) التداخل الإتلافي .

الجواب

(1) $\Delta\ell = m\,\lambda$ ، إذ يكون فرق المسار البصري مساوياً الى الصفر أو لأعداد صحيحة من الأطوال الموجية .

(2) $\Delta\ell = \left(m + \frac{1}{2}\lambda\right)$ ، أي أن فرق المسار البصري مساوياً الى أعداد فردية من أنصاف طول الموجة .

سؤال ما الفرق بين التداخل البنّاء والتداخل الإتلاف من حيث فرق المسار البصري لكل منهما بين موجتين ضوئيتين مُتشاكهتين ؟

2017 التمهيدي

الجواب

في التداخل البناء : يكون فرق المسار البصري بين الموجتين يساوي صفراً أو أعداداً صحيحة من طول الموجة ، أي أن : $\Delta\ell = 0\ ,\ 1\lambda\ ,\ 2\lambda\ ,\ 3\lambda\ , ...$

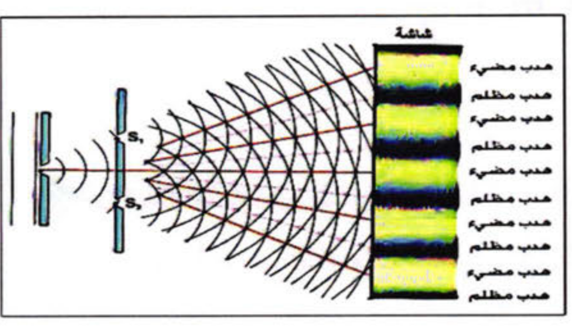
في التداخل الإتلاف : يكون فرق المسار البصري بين الموجتين يساوي أعداداً فردية من نصف طول الموجة ، أي أن : $\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda\ ,\ \frac{3}{2}\lambda\ ,\ \frac{5}{2}\lambda\ , ...$



2016 الدور الأول

سؤال إشرح نشاطاً توضّح فيه تجربة شقي يونك مبينا كيفية حساب الطول الموجي للضوء المستعمل .

الجواب إستعمل يونك حاجز ذي شق ضيق أضيء بضوء أحادي اللون ومن ثم يسقط الضوء على حاجز يحتوي شقّين مُتماثلين ضيقين يُسمّيان بالشّق المزدوج يقعان على بُعدين مُتساويين عن شقِّ الحاجز الأول ثم وَضع على بُعد بِضعة أمتار منهما شاشة .



الإستنتاج ظهور مناطق مضيئة ومناطق مُظلمة (مُعتمة) على التعاقب تُدعى بالهُدُب .

ولحساب الطول الموجي للضوء المستعمل نُطبق العلاقة : $\lambda = \frac{y_m \cdot d}{m\,L}$



2013 الدور الثالث + 2016 التمهيدي

سؤال ما السبب في حصول الهدب المضيئة والهدب المظلمة في تجربة يونك ؟

الجواب إن سبب ظهور الأهداب المضيئة والمظلمة هو تداخل موجات الضوء معاً تداخلاً بناءً وتداخلاً إتلافياً . إذ أن الشقين يعملان على تجزئة الموجة الضوئية الصادرة من الشق المضيء الى موجتين متشاكهتين تصدران بآنٍ واحدٍ وبطورٍ واحد .

2016 الدور الأول

سؤال علامَ يعتمد نوع التداخل في تجربة شقي يونك ؟

الجواب يعتمد على الفرق بين طول المسار البصري للضوء الصّادر من الشّقين .

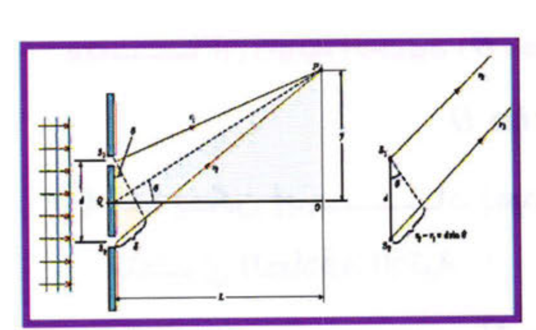
2015 الدور الاول للنازحين

سؤال لو أستعمل الضوء الأبيض في تجربة يونك ، فكيف يظهر لون الهداب المركزي المضيء ؟ وكيف تظهر بقية الهدب المضيئة على جانبي الهداب المركزي المضيء ؟

الجواب يظهر الهدب المركزي بلون أبيض وعلى كل من جانبيه تظهر أطياف مُستمرة للضوء الأبيض يتدرج كل طيف من اللّون البنفسجي الى اللّون الأحمر .

سؤال كيف تتكون الهُدب المضيئة والمظلمة في تجربة يونك ؟

الجواب إن كل من الشقين (S_1, S_2) المُضاءين بضوء أحادي اللون هما مصدران متشاكهان والموجات الصادرة عنهما يكون فرق الطور بينها ثابتاً في جميع الأزمان ، لذا فهي موجات متشاكهة ، وإن نوع تداخلهما في أية لحظة يعتمد على الفرق بين طول مساريهما البصريين للوصول الى تلك النقطة .



في الشكل المجاور نلاحظ أن البعد بين الشقين (d) صغير جداً مقارنةً ببعدهما عن الشاشة (L) ((أي أن : $d \ll L$)) لذا فإن فرق المسار البصري بين الشعاعين الصادرين من الشقين (S_1, S_2) يُعطى بالعلاقة الآتية :

فرق المسار البصري $= d \sin \theta$

أي أن : $\Delta \ell = d \sin \theta$

سؤال ما الغرض من تجربة يونك ؟ 2014 الدور الأول للنازحين

الجواب الغرض منها هو :

1. إثبات الطبيعة الموجية للضوء .
2. حساب الطول الموجي للضوء المستعمل .

شرطي التداخل البنّاء والإتلاف في تجربة يونك

بما أن شرط التداخل البنّاء هو : (($\Delta \ell = m\lambda$)) ، لذلك فإن شرط التداخل البنّاء للحصول على هُدب مضيئة هو :

للهدب المضيئة ← $d \sin\theta = m\lambda$

وبما أن شرط التداخل الإتلاف هو : (($\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$)) لذلك فإن شرط التداخل الإتلاف للحصول على هُدب مظلمة (معتمة) هو :

للهدب المظلمة ← $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

حيث أن : m : عدد صحيح ، $m = 0, \pm1, \pm2, \pm3, ...$

لحساب بُعد مركز الهدب المضيء أو المظلم عن مركز الهدب المركزي المضيء

نُطبّق العلاقة الآتية :

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$

حيث أن :

θ : زاوية الحيود .

y : بُعد مركز الهُدب المضيء أو المظلم عن مركز الهدب المركزي المضيء .

L : بُعد الشاشة عن الحاجز ذي الشقين .

وبما أن زاوية الحيود (θ) صغيرة ، فإن :

$$\tan\theta \cong \sin\theta \quad \Rightarrow \quad y = L\tan\theta \cong L\sin\theta$$

لذا يمكن إيجاد بُعد الهُدب المضيء أو المظلم ذو المرتبة (m) عن الهُدب المركزي بتطبيق العلاقة الآتية :

للهدب المضيئة ← $y_m = \frac{\lambda L}{d} m$

للهدب المظلمة ← $y_m = \frac{\lambda L}{d}(m + \frac{1}{2})$

حيث أن :

y_m : بُعد الهُدب المضيء أو المظلم الذي رُتبته (m) عن الهُدب المركزي المُضيء .

λ : طول موجة الضوء الأحادي اللون المُستعمل .

L : بُعد الشاشة عن الحاجز ذي الشقين .

d : البُعد بين الشقين .

m : رُتبة الهُدب المُضيء أو المُظلم .

الفواصل بين الهُدب المتجـــــاورة (المضيئة أو المظلمة) تُسمى (فاصلة الهُدب) ويُرمز لها (Δy) وتُعطى بالعلاقة الآتية :

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m \quad \Rightarrow \quad \Delta y = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m \lambda L}{d}$$

لذلك فإن فاصلة الهُدب تُعطى بالعلاقة الآتية :

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

تُسمى فاصلة الهُدب (Δy) كذلك بالبعد بين هُدابين متتاليين (مضيئين أو مظلمين) .

سؤال علامَ تعتمد فاصلة الهُدب ؟

الجواب تعتمد على :

1. الطول الموجي للضوء الأحادي اللون المستعمل .
2. بُعد الشاشة عن حاجز الشّقين .
3. البعد بين الشّقين .

سؤال مـــــــاذا يحصل لو أستعمل ضوء أبيض في تجربة يونك ؟

الجواب يظهر الهُدب المركزي بلون أبيض وعلى كل من جانبيه تظهر أطياف مُستمرة للضوء الأبيض يتدرّج كل طيف من اللّون البنفسجي الى اللّون الأحمر .

سؤال لماذا يكون الهُدب المركزي مُضيئاً دائماً في تجربة شقّي يونك ؟

الجواب لأن فرق المســـــار البصري بين الموجتين الصّادرتين من الشقّين يســـــاوي صفراً فيكون التداخل بنّـــــاءً .

سؤال ما الذي يحصل لو كان المصدران الضوئيان المُستعملان في تجربة شقّي يونك غير مُتشاكهين ؟

الجواب يحصل التداخل البنّاء والأتلاف بالتعاقب وبسرعة كبيرة جداً لا تُدركهمـــا العين لأن كِلا المصدرين يبعث موجاته بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جداً فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أية نقطة من نقاط الوسط لذا تُـشاهد العين إضاءة مستمرة بسبب صفة دوام الإبصار .

سؤال لماذا عند إستعمالنا لضوء أحمر في تجربة شقّي يونك نشاهد أن المسافات بين هُدب التداخل أكبر مما هي عليه في حال إستعمال الضوء الأزرق ؟

الجواب لأن الطول الموجي للضوء الأحمر أكبر من الطول الموجي للضوء الأزرق وإن المسافات بين هُدب التداخل تتناسب طردياً مع الطول الموجي .

سؤال مـاذا يحصل للأبعاد بين هُدب التداخل في تجربة شقّي يونك لو غُمرت جميع أجزائها في الماء ؟

الجواب يقل الطول الموجي بين هُدب التداخل بسبب نُقصان مقدار الطول الموجي ، وإن البعد بين هُدب التداخل يتناسب طردياً مع الطول الموجي .

سؤال ماذا يحصل عند إستعمال ضوء مُركب في تجربة يونك ؟

الجواب يظهر الهُدب المركزي بلون الضوء السـاقط (مُركّب) وعلى جانبيه تتكون مجموعة من الهُدب لكل طول موجي من مكونات ذلك الضوء .

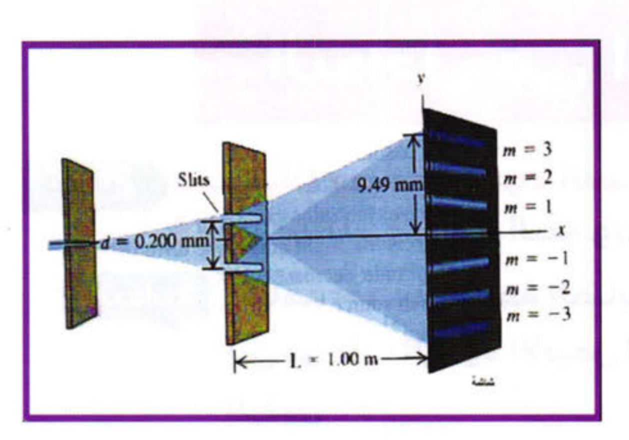
سؤال علامَ يدل تكون هُدب ملونة في تجربة شقّي يونك ؟

الجواب يدل على أن الضوء السّاقط على الشّقين هو ضوء مُركّب أو أبيض .





مثال 2



إذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي ($0.2\ mm$) وبُعد الشّاشة عنهما يساوي ($1\ m$) وكان البعد بين الهُدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي ($9.49\ mm$) لاحظ الشكل المجاور ، إحسب طول موجة الضّوء المستعمل في هذه التجربة ؟



الحل

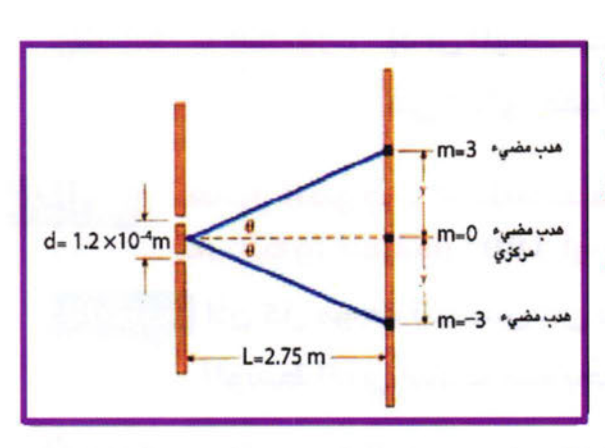
$$y_m = \frac{\lambda L}{d} m \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{y_m d}{m L}$$

$$\lambda = \frac{(9.49\times10^{-3})(0.2\times10^{-3})}{3 \times 1}$$

$$= 633 \times 10^{-9}\ m = 633\ nm$$



مثال 3



في الشكل المجاور ، أستُعمل ضوء أحمر طوله الموجي ($\lambda = 664\ nm$) في تجربة يونك ، وكان البعد بين الشقين ($d = 1.2 \times 10^{-4}\ m$) وبعد الشاشة عن الشقين ($L = 2.75\ m$) ، جد المسافة y على الشّاشة بين الهدب المُضيء ذي المرتبة الثالثة ومركز الهدب المركزي ؟



الحل

$$\lambda = 664\ nm = 664 \times 10^{-9}\ m$$

$$y_m = \frac{\lambda L m}{d} = \frac{664 \times 10^{-9} \times 2.75 \times 3}{1.2 \times 10^{-4}} = \frac{5478 \times 10^{-9}}{1.2 \times 10^{-4}}$$

$$= 4565 \times 10^{-5}\ m = 4565 \times 10^{-3}\ cm = 4.565\ cm$$

التداخل في الأغشية الرقيقة

سؤال مـــاذا يحصل للضوء السّـــاقط على غشـــاء رقيق (مثل غشاء فقاعة الصّابون) ؟

2014 التمهيدي + 2017 الدور الأول

الجواب نُشاهد أغشية فُقاعة الصّابون مُلونة بألوان الطّيف الشّمسي ، وسبب ذلك التداخل بين موجات الضوء الأبيض المنعكسة عن السّطح الأمامي والسّطح الخلفي للغشاء الرّقيق .

2016 الدور الأول

علل تلوّن بقع الزيت الطافية على سطح الماء بألوان زاهية ؟

الجواب بسبب التداخل بين موجـات الضّوء الأبيض المنعكسة عن السّطح الأمامي والسّطح الخلفي للغشـــاء .

2013 الدور الثاني + 2015 التمهيدي - الأنبار

سؤال علام يعتمد التداخل في الأغشية الرّقيقة ؟

الجواب يعتمد على :

1. **سُمك الغشاء** : إذ إن الموجات المنعكسة عن السّطح الخلفي تقطع مساراً بصرياً أكبر من المسار الذي تقطعه الموجة المنعكسة عن السّطح الأمامي بمقدار يساوي ضُعف سُمك الغشاء .
2. **إنقلاب الطـور** : إذ أن الموجـــــات المنعكسة عـن السّطح الأمامي يحصل لها إنقلاب في الطّور مقداره ($\pi\ rad$) .

2013 الدور الثاني

علل ثعاني الموجات المنعكسة عن السّطح الأمـامي للغشاء الرقيق إنقلاباً في الطور بمقدار $180°$ أو ($\pi\ rad$) ؟

الجواب لأن كل موجة تنعكس عن سطح وسط له معامل إنكسار أكبر من معامل إنكســـار الوسط الذي قدمت منه يحصل لها إنقلاباً بالطور بمقدار ($180°$) .

للتعرف على نوع التداخل في الأغشية الرقيقة نستخدم العلاقة الآتية :

$$\Delta \ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda$$

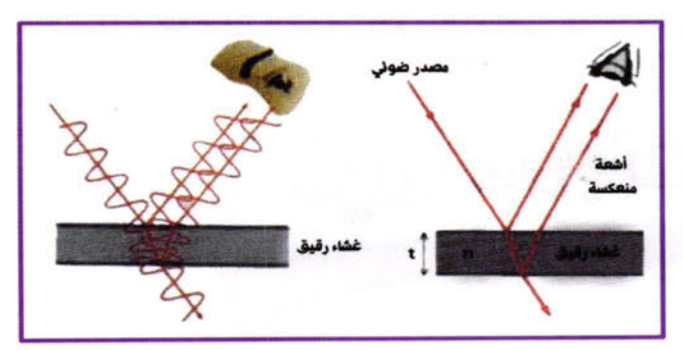
حيث أن :

$\Delta \ell$: فرق المسار البصري بين الموجتين .

t : سُمك الغشاء الخلفي .

nt : السُمك البصري للغشاء .

الشكل أدنـــاه يُبين أن الموجات الضوئية الساقطة على الغشاء ينعكس قســم منها عن السطح الأمامي للغشــاء وتعاني إنقلاباً بالطور مقداره ($\pi\ rad$) ، أمــا القســم الآخر من الضوء فإن موجاته تنفذ في الغشاء وتعاني إنكســاراً ، وعند إنعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء الذي سمكه (t) لا تعــاني إنقلاباً في الطور بل تقطع زيادة على ذلك مساراً بصرياً يســـــاوي ضعف السمك البصري للغشاء ($2nt$) .





ملاحظات مهمة

- إذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساوياً للأعداد الفردية لربع طول موجة الضوء الأحادي الساقط ، أي أن :

$$nt = (1 \times \frac{1}{4}\lambda, 3 \times \frac{1}{4}\lambda, 5 \times \frac{1}{4}\lambda, 7 \times \frac{1}{4}\lambda, ...)$$

فإن ضعف السمك البصري للغشاء سيكون أعداداً فردية من أنصاف طول الموجة ، أي أن :

$$2nt + \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, ...$$

- لذا سيكون التداخل بناء ويظهر الغشاء مضاءً بلون الضوء الساقط عليه وفقاً للعلاقة الآتية :

$$\Delta \ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \lambda, 2\lambda, 3\lambda ... .$$

- إذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساوياً للأعداد الزوجية لربع طول موجة الضوء الأحادي الساقط ، أي أن :

$$nt = (2 \times \frac{1}{4}\lambda, 4 \times \frac{1}{4}\lambda, 6 \times \frac{1}{4}\lambda, ...)$$

فإن ضعف السمك البصري للغشاء سيكون أعداداً صحيحة الأطوال الموجية ، أي أن :

$$2nt + \frac{1}{2}\lambda = \frac{4}{2}\lambda, \frac{8}{2}\lambda, \frac{12}{2}\lambda, ...$$

- لذا سيكون التداخل إتلاف ويظهر الغشاء مظلماً وفقا للعلاقة الآتية :

$$\Delta \ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda ... .$$

ملاحظة مهمة

- **طول موجة الضوء في وسط ما معامل إنكساره (n) يُعطى وفقاً للعلاقة الآتية :**

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

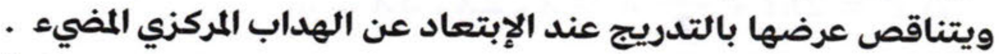
حيث أن :

λ_n : طول موجة الضوء في الوسط المادي . λ : طول موجة الضوء في الفراغ .

n : معامل إنكسار الوسط وهو عدد خالي من الوحدات .



نشاط 2 إشرح نشاطاً توضّح فيه ظاهرة حيود الضوء ؟

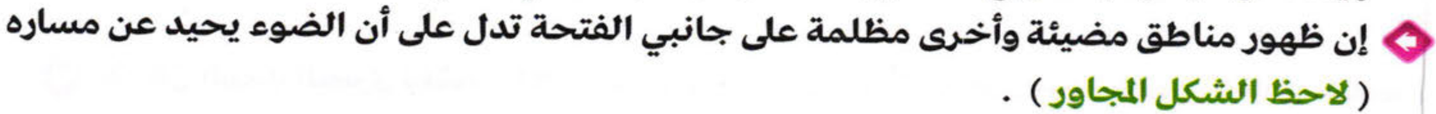


أدوات النشاط

لوح زجاج ، دبّوس ، دِهان أسود ، مصدر ضوئي أحادي اللون .

خطوات النشاط

- **نُدهن لوح الزّجاج بالدِهان الأسود .**
- **نعمل شقاً ضيّقاً في لوح الزجاج بإستعمال رأس الدّبوس .**
- **ننظر من خلال الشق الى المصدر الضوئي ، نلاحظ مناطق مُضيئة تتخللها مناطق معتمة ، وإن المنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وإن الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدريج عند الإبتعاد عن الهداب المركزي المضيء .**
- **إن ظهور مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على أن الضوء يحيد عن مساره (لاحظ الشكل المجاور) .**



- **إن شرط الحصول على هدب معتمة أو هدب مضيئة لنمط الحيود من شق واحد هو كما يلي :**

الشرط اللازم للحصول على هدب معتم ⟵ $\ell . \sin\theta = m\,\lambda$

الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء ⟵ $\ell . \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\,\lambda$

حيث أن :

ℓ : يمثل عرض الشق .

θ : زاوية حيود الهدب المضيء أو المظلم عن المستقيم المار من الشق والعمودي على الشاشة .





مُحزز الحيود : هو أداة مفيدة في تحليل مصادر الضوء ، إذ يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذات الفواصل المتساوية .

سؤال ما الفائدة العملية من إستعمال مُحزز الحيود ؟

الجواب
1. دراسة الأطياف .
2. تحليل مصادر الضوء .
3. حساب الطول الموجي للضوء .

سؤال كيف يُصنع المَحزز ؟

الجواب يُصنع بوساطة طبع حزوز على لوح زجاجي في ماكنة تسطير بالغة الدقة ، وإن الفواصل بين الحزوز تكون شفافة إذ تقوم بعمل الشّقوق الضّيقة جداً .

ملاحظات مهمة

1. الحزوز تحجب الضوء بينما الفواصل بين الحزوز تسمح بنفاذ الضوء من خلالها فهي تعمل عمل الشقوق الضيقة جداً .
2. يتراوح عدد الحزوز في السنتمتر الواحد من المحزز بين $line/cm$ ($1000 - 10000$) .

ثابت المحزز (d) : هو المسافة بين مركزي شقّين متتاليين في المحزز .

- يمكن حساب ثابت المحزز بتطبيق العلاقة الآتية :

$$d = \frac{W}{N}$$

حيث أن : W : عرض الحزز . N : عدد الحزوز .

فلو كان عدد الحزوز ($2000\ line/cm$) مثلاً ، فإن ثابت المحزز (d) يكون :

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1}{2000} = 5 \times 10^{-4}\ cm$$

- إن نوع التداخل للأشعة النافذة من المحزز يتوقف على فرق المسار البصري ($d\ sin\theta$) بين كل شعاعين صادرين عن شقين متتاليين في المحزز .



إذا كان فرق المسار البصري يساوي أعداداً صحيحة الأطوال الموجية فإن التداخل بناء وتظهر الهدُب مضيئة وفقاً للعلاقة الآتية :

$$d \sin\theta = m\,\lambda$$

وهذه العلاقة يمكن أن تستخدم لقيـــاس الطول الموجي لضوء أحادي اللون بإستعمـــال جهاز المطياف .

أمـــا إذا كان فرق المسار البصري يساوي أعداد فردية من أنصاف طول الموجة فإن التداخل إتلاف وتظهر الهدُب مظلمة وفقاً للعلاقة الآتية :

$$d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\,\lambda \qquad m = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \dots\dots\dots$$

θ : زاوية حيود الهدب الذي رتبته (m) عن الهدُب المركزي .

تكون شدة الإضاءة للهدب على الحاجز في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية وتقل شدة الإضاءة للهدب كلما زاد بُعدها عن الصورة المركزية .

مثال 4

ضوء أحـــادي اللّون من ليزر هيليوم - نيون طوله الموجي ($\lambda = 632.8\ nm$) يسقط عمودياً على محزز حيود يحتوي السنتمتر الواحد منه على ($6000\ line$) ، جد زوايـــا الحيود (θ) للمرتبة الأولى والثانية المضيئة .



$$d = \frac{W}{N} = \frac{1\ cm}{6000} = 1.667 \times 10^{-4}\ cm = 1.667 \times 10^{-6}\ m$$

1 للمرتبة الأولى ($m = 1$)

$$d \sin\theta = m\,\lambda \quad \Rightarrow \quad 1.667 \times 10^{-4} \times \sin\theta_1 = 1 \times 632.8 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow \sin\theta_1 = \frac{1\times632.8\times10^{-9}}{1.667\times10^{-6}} = 0.3796$$

$$\therefore\ \theta_1 = 21.3^\circ$$

2 للمرتبة الثانية ($m = 2$)

$$d \sin\theta = m\,\lambda \quad \Rightarrow \quad 1.667 \times 10^{-4} \times \sin\theta_2 = 2 \times 632.8 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{2\times632.8\times10^{-9}}{1.667\times10^{-6}} = 0.7592$$

$$\therefore\ \theta_2 = 49^\circ$$





2013 الدور الثاني + 2013 الدور الثالث

سؤال ما المقصود بالضوء المُستقطب ؟

الضوء المستقطب : هو الضوء الذي يقتصر تذبذب مجاله الكهربائي في مستوى واحد فقط عمودي على خط إنتشار الموجة .

سؤال ما المقصود بالضوء غير المُستقطب ؟

الضوء غير المستقطب : هو الضوء الذي يهتز مجاله الكهربائي في مستويات ذات إتجاهات مختلفة وعمودية على خط إنتشاره .

نشاط 3 إشرح نشاطاً يوضح إستقطاب الموجات

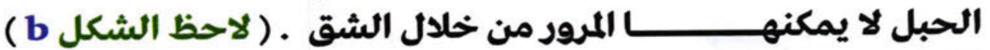
أدوات النشاط

حبل مُثبّت من أحد طرفيه بجدار ، حاجز ذو شق .

خطوات النشاط

- نمرر الطرف السائب للحبل عبر شق الحاجز بحيث نجعل الشق طولياً نحو الأعلى وعمودياً مع الحبل .
- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة مُنتقلة فيه ، نُشاهد أن الموجة المستعرضة قد مرت من خلال الشق . (لاحظ الشكل a)
- نجعل الشق بوضع أفقي ثم نشد الحبل وننتره نُشاهد أن الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق . (لاحظ الشكل b)

إتجاه تذبذب الحبل
إتجاه انتشار الموجة
(a) (b)



الإستنتاج

يمكن التوصل الى نفس النتيجة مع موجات الضوء ، إذا إستعملنا **شريحة من التورمالين** وهي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالإتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالإتجاه الأفقي وذلك بإمتصاصها داخلياً .



نشاط 4 إشرح نشاطاً يوضّح إستقطاب موجات الضوء

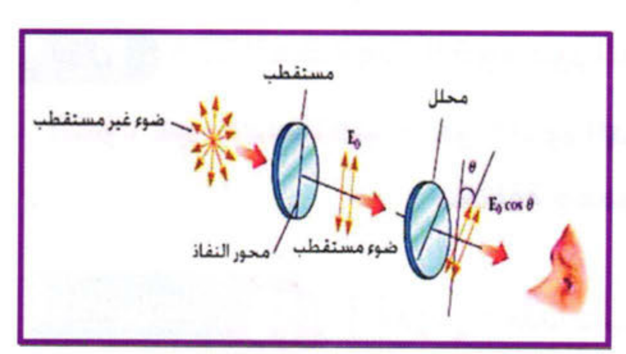
2014 الدور الثاني + 2017 الدور الأول

أدوات النشاط

شريحتان من التورمالين ، مصدر ضوئي .

خطوات النشاط

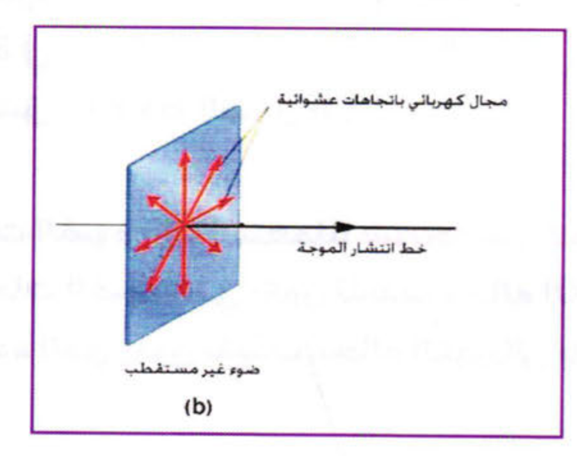
- نـــــأخذ شريحة من التورمالين ونضعها في طريق مصدر الضوء .
- نقوم بتدوير الشريحة حول المحور المار من وسطها والعمودي عليها .
- نضح شريحتين من التورمالين كما موضح في الشكل .
- نقوم بتثبيت إحداهمــا وتدوير الشريحة الأخرى ببطء حول الحُزمة الضوئية .
- سنلاحظ تغير شدة الإضاءة عند تدوير الشريحة الثانية مع العلم أن لها التركيب نفسه .



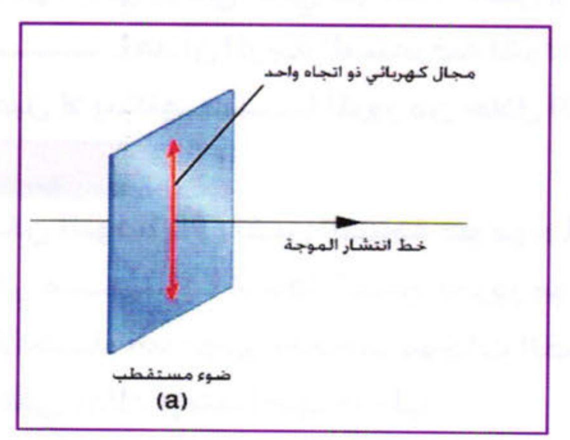
الإستنتــاج

1 إن الضوء غير المستقطب هو موجـــــات مُستعرضة يهتز مجالهــا الكهربائي في الإتجاهات جميعها وبلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة ، إذ لا تسمح بمرور الموجات الضوئية إلا إذا كـــــان مستوى إهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بإمتصاص باقي الموجات وهذه العملية تُسمى (الإستقطاب) والموجات الضوئية تُسمى (موجات ضوئية مُستقطبة) .

2 في حالة الضوء المُستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغنـــــاطيسية بإتجاه واحد (لاحظ الشكل a)، أمـــا في حالة الضوء غير المُستقطب فيكون تذبذب مجالها الكهربائي بإتجاهات عشوائية وفي مستويات متوازية عمودية على خط إنتشـــــار الموجة (لاحظ الشكل b) .



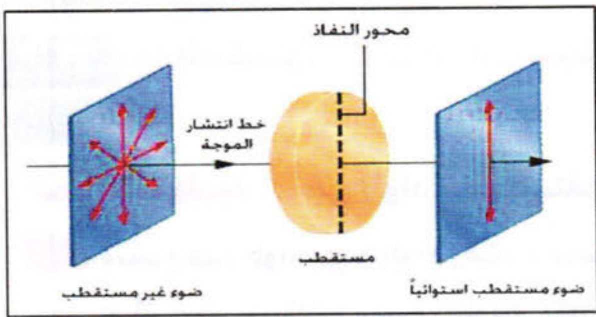
(b)



(a)

ملاحظة مهمة

- الشريحة التي يُستقطب الضوء من خلالهـــا تُسمى (المُستقطب) والشريحة التي يمر من خلالها الضوء المُستقطب تُسمى (المُحلل) .
- بمســـاعدة بعض المواد المستقطبة للضوء مثل (التورمالين ، الكوارتز ، الكالسايت) يمكن الحصول على الضوء المستقطب من الضوء غير المستقطب .
- يكون إتجـــاه محور النفاذ للمادة المستقطبة هو إتجاه إستقطاب الضوء نفسه والمار خلال المادة ((لاحظ الشكل المجاور)) .





سؤال كيف يمكن الحصول على حزمة ضوئية مُستقطبة خطياً (إستوائياً أو كلياً) من حزمة ضوئية غير مُستقطبة ؟ وما التقنيات المُستعملة لهذا الغرض ؟

الجواب يمكن ذلك بوساطة إزالة معظم الموجات من الحزمة الضوئية (غير المستقطبة) ما عدا تلك التي يتذبذب مجالها الكهربائي في مستوي واحد منفرد .

- وإن التقنيات المستعملة للحصول على ضوء مستقطب هي إستعمال مواد تنفذ من خلالها الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية في مستوٍ موازٍ لإتجـاه معين وهو المحور البصري وتمتص الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالإتجاهات الأخرى .

2015 التمهيدي

علل ضوء الشّمس والمصابيح الإعتيادية غير مستقطب ؟

الجواب لأن ضوء الشمس والمصـــابيح الإعتيادية موجات مُستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الإتجاهات جميعاً ، إذن هو ضوء غير مُستقطب .



النجاح الذي تستمتع به اليوم
هو نتيجة الثمن الذي دفعته في الماضي

طرائق الإستقطاب في الضوء

الإستقطاب بالإمتصاص الإنتقائي ← → إستقطاب الضوء بالإنعكاس

الإستقطاب بالإمتصاص الإنتقائي

سؤال ما المقصود بالمواد القطبية ؟ وكيف تصنع هذه المواد ؟

الجواب

المواد القطبية : هي المواد التي يُستقطب الضوء من خلالها بطريقة الإمتصاص الإنتقائي .

وتصنع هذه المواد بهيئة ألواح رقيقة ذات سلسلة هيدروكاربونية طويلة وتكون الألواح ممتدة خلال تصنيعها إذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء والذي يكون مجاله الكهربائي عمودياً على السلسلة الجزيئية .

سؤال ما المقصود بالمواد النشطة بصرياً ؟

الجواب

المواد النشطة بصرياً : هي المواد التي لها القابلية على تدوير مستوي الإستقطاب للضوء المستقطب عند مروره من خلالها بزاوية تسمى زاوية الدوران البصري .

مثل ((بلورة الكوارتز ، سائل التربنتين ، محلول السكر في الماء)) .

2013 الدور الأول + 2014 الدور الثالث + 2016 التمهيدي

سؤال علام تعتمد زاوية الدوران البصري في المواد النشطة بصرياً ؟

الجواب تعتمد على :

1. نوع المادة .
2. سمك المادة .
3. طول الموجة الضوئية .
4. تركيز المحلول (إذا كانت المادة سائلة) .

إستقطاب الضوء بالإنعكاس

2014 التمهيدي

سؤال علام تعتمد درجة الإستقطاب في الضوء بطريقة الإنعكاس ؟

الجواب تعتمد على زاوية السقوط أو زاوية الإستقطاب .

سؤال في حالة إستقطاب الضوء بالإنعكاس عند أية شروط :

2014 الدور الأول

(1) لا يحصل إستقطاب في الضوء . (2) يحصل إستقطاب إستوائي كلي .

الجواب

(1) عندما تكون زاوية سقـــوط الضوء = صفر .

(2) عندما تكون زاوية سقـــوط الضوء = $90°$ وتسمى زاوية بروستر يكون الضوء المنعكس مُستقطب إستوائي كلي .

ملاحظات مهمة

1. عندمـــا يسقط الضوء على سطح عـــاكس وبصورة عمودية عليه فإن زاوية السقوط تســـاوي صفر لذلك لا يحدث إستقطاب .
2. عندمـــا يسقط الضوء على سطح عاكس وبصورة مائلة بحيث أن زاوية سقوط الضوء لا تساوي زاوية الإستقطاب فإن الضوء المنعكس يكون مستقطباً جزئياً .
3. عندما يسقط الضوء على سطح عاكس مائلاً بزاوية تساوي زاوية الإستقطاب فإن :
   - (a) الشعاع المنعكس يكون مستقطبـــا إستوائيا كليا .
   - (b) الشعاع المنكسر يكون مستقطبـــا إستوائيا جزئيا .
   - (c) الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر قائمة .
   - (d) العلاقة بين زاوية الإستقطاب (θ_P) ومعامل إنكسار الوسط (n) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$\tan \theta_P = n$$

الإستطارة في الضوء

عند سقوط ضـــوء الشمس (الضـــوء المرئـــي) الذي تتراوح أطوالـــه الموجيـــة (λ) بين ($400\ nm - 700\ nm$) على جزيئات الهواء التي أقطارها (d) تـقارب معدل الطول الموجي لمكونـــات الضوء المرئي فـــإن الأطوال الموجيـــة القصيرة من ضوء الشمس (الضـــوء الأزرق) يُستطار بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الطويلة (الضوء الأحمر) .

2013 الدور الأول

سؤال مـــا سبب رؤية السّمـــاء زرقاء من على سطح الأرض وبلا نُجوم نهاراً ؟

الجواب بسبب حدوث ظاهرة الإستطارة (تشتت الضوء) ، بسبب وجود الغلاف الجوي .

سؤال لماذا يميل الضّوء المستطـــار الى اللّون الأزرق ؟

الجواب لأن الضوء الأزرق قصير الطول الموجي وإن شدة الإستطارة تتناسب عكسياً مع الأس الرابــع للطول الموجي ($I \propto \frac{1}{\lambda^4}$) وكذلك فــإن طوله الموجي يُقـــارب معدل قطر الجسيمات (d) المسببة للإستطارة .

سؤال لمـاذا تُستطار موجـات الضوء القصيرة بنسبة أكبر من موجات الضوء الطويلة ؟

الجواب لأن شدة الإستطارة تتناسب عكسيـاً مع الأس الرابع للطول الموجي ($I \propto \frac{1}{\lambda^4}$) .



سؤال 1 إختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1. في حيود الضوء شرط تكوّن الهدب المضيء الأول (غير المركزي) أن يكون عرض الشّق مساوياً الى :
   - ✗ λ
   - ✗ $\frac{\lambda}{2\sin\theta}$
   - ✓ $\frac{3\lambda}{2\sin\theta}$
   - ✗ $\frac{\lambda}{2}$

2. تُعزى ألوان فقاعـــات الصّابون الى ظـاهرة :
   - ✓ التداخل .
   - ✗ الحيود .
   - ✗ الإستقطاب .
   - ✗ الإستطارة .

3. سبب ظهور هدب مُضيئة وهدب مُظلمة في تجربة يونك هو :
   - ✓ حيود وتداخل موجات الضوء معاً .
   - ✗ حيود موجات الضوء فقط .
   - ✗ تداخل موجات الضوء فقط .
   - ✗ إستعمال مصدرين ضوئيين غير متشاكهين .

4. إذا سقط ضوء أخضر على مُحزز حيود فإن الهّداب المركزي يظهر بلون :
   - ✗ أصفر .
   - ✗ أحمر .
   - ✓ أخضر .
   - ✗ أبيض .

5. تزداد زاويـة حيود الضوء مع :
   - ✗ نقصان الطول الموجي للضوء المستعمل .
   - ✓ زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل .
   - ✗ ثبوت الطول الموجي للضوء المستعمل .
   - ✗ كل الإحتمالات السابقة معاً .

6. إذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشاكهتين متراكبتين يساوي أعداداً فردية من أنصاف الأطوال الموجية عندها يحصل :
   - ✗ تداخل بنّاء .
   - ✗ إستطارة .
   - ✗ إستقطاب .
   - ✓ تداخل إتلاف .

7 لحصول التداخل المستديم في موجات الضوء يجب أن يكون مصدراهما :

✔ متشاكهين . ✖ غير متشاكهين . ✖ مصدرين من الليزر . ✖ جميع الإحتمالات السابقة .

8 في تجربة يونك يحصل الهُدّاب المضيء الأول على جانبي الهُدّاب المركزي المضيء المتكون على الشاشة عندما يكون فرق المسار البصري مساوياً الى :

✖ $\frac{1}{2}\lambda$ ✔ λ ✖ 2λ ✖ 3λ

9 نمط التداخل يتولد عندما يحصل :

✖ الإنعكاس . ✖ الإنكسار . ✔ الحيود . ✖ الإستقطاب

10 أغشية الزيت الرقيقة وغشاء فقاعة صابون الماء تبدو ملونة بألوان زاهية نتيجة الإنعكاس و :

✖ الإنعكاس . ✔ التداخل . ✖ الحيود . ✖ الإستقطاب .

11 الخاصية المميزة للطيف المتولد بوساطة محزز الحيود تكون :

✔ الخطوط المضيئة واضحة المعالم . ✖ إنتشار الخطوط المضيئة .

✖ إنعدام الخطوط المضيئة . ✖ إنعدام الخطوط المظلمة .

12 حزمة الضوء غير المستقطبة : هي التي يكون تذبذب مجالاتها الكهربائية :

✖ مقتصرة على مستوٍ واحد . ✔ تحصل في الإتجاهات جميعاً .

✖ يمكنها المرور خلال اللوح القطيب . ✖ تحصل في إتجاهات محددة .

13 الموجات الطولية لا يمكنها إظهار :

✖ الإنكسار . ✖ الإنعكاس . ✖ الحيود . ✔ الإستقطاب .

14 تكون السّمـــاء زرقاء بسبب :

✖ جزيئات الهواء تكون فارغة .

✖ عدسة العين تكون زرقاء .

✔ إستطارة الضوء تكون أكثر مثالية للموجات قصيرة الطول الموجي .

✖ إستطارة الضوء تكون أكثر مثالية للموجات طويلة الطول الموجي .

15 عند إضاءة شقّي يونك بضوء أخضر طوله الموجي ($5 \times 10^{-7}\ m$) وكان البعد بين الشقّين ($1\ mm$) وبعد الشّاشة عن الشّقين ($2\ m$) فإن البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتالين في نمط التداخل المتكون على الشّاشة يســاوي :

✖ $0.1\ mm$ ✖ $0.25\ mm$ ✖ $0.4\ mm$ ✔ $1\ mm$

التوضيح

$$\Delta y = \frac{\lambda \cdot L}{d} = \frac{5\times10^{-7}\times2}{1\times10^{-3}} = 1\times10^{-3}\ m = 1\ mm$$



سؤال 2 هل يمكن للضوء الصّادر عن المصادر غير المتشاكهة أن يتداخل ؟ وهل يوجد فارق بين المصادر المتشاكهة وغير المتشاكهة ؟

الجواب نعم . يحصل التداخل البنّاء والتداخل الإتلاف ولكن بسرعة كبيرة جداً لا تدركها العين ، لأن كلاً من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جداً ، فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط ، لذا تشاهد العين إضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الإبصار . وهذا هو الفراق الأساسي بين المصادر المتشاكهة والمصادر غير المتشاكهة .

سؤال 3 مصدران ضوئيان موضوعان الواحد جنب الآخر سوية ، أُسقطت موجات الضوء الصادر منهما على شاشة ، لماذا لا يظهر نمط التداخل من تراكب موجات الضوء الصادرة عنهما على الشاشة ؟

الجواب الضوء الصّادر عن المصدرين الضوئيين يتألف من موجات عدة مختلفة الطول الموجي ، بأطوار عشوائية متغيرة ، أي لا يوجد تشاكه بين المصدرين ، فالضوء الصادر عن المصدرين لا يحقق فرق طور ثابت بمرور الزمن ، لذا من المُحال مشاهدة طراز التداخل .

سؤال 4 لو أُجريت تجربة يونك تحت سطح الماء ، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل؟

الجواب طول موجة الضوء في الماء تقصر عمّا هي عليه في الهواء على وفق العلاقة الآتية :

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

وبما أن الحزم المضيئة والمظلمة تتناسب مواقعها مع الطول الموجي (λ) ، فإن الفواصل بين هُدُب التداخل ستقل .

سؤال 5 ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين متشاكهتين متداخلتين في حالة : (a) التداخل البنّاء . (b) التداخل الإتلافي .

الجواب

(a) $\Delta \ell = m\,\lambda$ ، إذ يكون فرق المسار البصري مساوياً الى الصفر أو لأعداد صحيحة من الأطوال الموجية .

(b) $\Delta \ell = \left(m + \frac{1}{2}\lambda\right)$ ، أي ان فرق المسار البصري مساوياً الى أعداد فردية من أنصاف طول الموجة .

سؤال 6 خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السمــاء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح ، في حين خلال النهار ومن على سطــح الأرض يرى السماء زرقاء وبلا نجوم ، ما تفسير ذلك ؟

الجواب خلال النهــار ومن على سطـــح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجــوم بوضـــــوح وذلك لعدم وجود غلاف جوي والجسيمات التي تسبب إستطــــارة ضوء الشمس . في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء وبلا نجوم بسبب حدوث ظاهرة الإستطارة (تشتت الألوان) بسبب وجود الغلاف الجوي .

سؤال 7 مــا التغير الذي يحصل في عرُض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندمــا نجعل عرُض الشّق يضيق أكثر ؟

الجواب يزداد عُرض الهدب المركزي المضيء ويكون أقل شدة على وفق العلاقة الآتية :

$$\ell \; \alpha \; \frac{1}{\sin\theta}$$

سؤال 8 مــاذا يتذبذب عندما تنتشر الأشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء أو الأوســاط المختلفة ؟

الجواب كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبـان بطور واحد ومُتعامدان مع بعضهمـا وعمودان على خط إنتشار الموجة الكهرومغناطيسية .



سؤال 1 وُضعت شــاشة على بُعد ($4.5\ m$) من حاجز ذي شقّين وأضيء الشقّان بضوء أحــادي اللون طول موجته في الهواء ($\lambda = 490\ nm$) فكانت المســافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي المضيء ومركز الهداب ذو المرتبة ($m = 1$) المضيء تســاوي ($4.5\ cm$) ، مــا مقدار البعد بين الشقّين ؟

الحل

$$\lambda = 490\ nm = 490 \times 10^{-6} mm$$
$$y_m = 4.5\ cm = 45\ mm$$
$$L = 4.5\ m = 4500\ mm$$



$$y_m = \frac{\lambda L}{d} m \quad \Rightarrow \quad d = \frac{\lambda L}{y_m} m = \frac{490 \times 10^{-6} \times 4500}{45} \times 1 = 0.049\ mm$$



ضــــوء أبيض تتوزع مركبات طيفه بوســـــــــاطة مُحزز حيود ، فإذا كان للمحزز ($2000\ line/cm$) ، مــــــا مقدار زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي ($\lambda = 640\ nm$) ؟



$$\lambda = 640\ nm = 640 \times 10^{-7}\ cm$$

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1\ cm}{2000} = 5 \times 10^{-4}\ cm$$

$$d \sin\theta = m\lambda \quad \Rightarrow \quad 5 \times 10^{-4} \times \sin\theta = 1 \times 640 \times 10^{-7}$$

$$\Rightarrow \quad \sin\theta = \frac{1\times640\times10^{-7}}{5\times10^{-4}} = 0.128 \quad \Rightarrow \quad \therefore \quad \theta = \sin^{-1} 0.128 = 7.35°$$



سقطت حُزمة ضوئية على سطح عـــاكس بزوايا سقوط مُختلفة القياس وقد تبيّن أن الشعـــاع المنعكس أصبح مستقطباً كلياً عندمـــــا كانت زاوية السقوط ($48°$) ، إحسب مُعــــامل الإنكســــار للوسط ؟

علماً أن : $\tan 48° = 1.110$



$$n = \tan\theta_P = \tan 48° = 1.110$$



إذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمــــادة العقيق الأزرق المُحاطة بالهواء ($34.4°$) ، إحسب زاوية الإستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة

علماً أن : $\sin 34.4° = 0.56\ ,\ \tan 60.5° = 1.77$



$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \Rightarrow \quad n \sin\theta_c = 1 \times \sin 90°$$

$$n \sin 34.4° = 1 \quad \Rightarrow \quad n \times 0.56 = 1$$

$$\therefore \quad n = \frac{1}{0.56} = 1.77$$

$$n = \tan\theta_P \quad \Rightarrow \quad 1.77 = \tan\theta_P$$

$$\therefore \quad \theta_P = \tan^{-1} 1.77 = 60.5°$$

